

**DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES DE
SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA WEB
PARA GESTÃO DE RESÍDUOS URBANOS
O CASO DOS SERVIÇOS INTERMUNICIPALIZADOS DE ÁGUAS
E RESÍDUOS DOS MUNICÍPIOS DE LOURES E ODIVELAS**

Ricardo Morgado Silva

**Trabalho de Projeto de Mestrado em Gestão do Território
Área de especialização em Detecção Remota
e Sistemas de Informação Geográfica**

Março, 2015

Trabalho de Projeto apresentado para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão do Território, área de especialização em Deteção Remota e Sistemas de Informação Geográfica, realizado sob a orientação científica do Professor Doutor Rui Pedro Julião

A meus Pais

*Disappointed hunches never make the news.
But even a failed search tells the next searcher to look elsewhere.*
Richard Fortey

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Doutor Rui Pedro Julião a orientação científica deste Trabalho de Projeto. Para além das sugestões e do apoio, agradeço a confiança que teve em mim, mesmo quando a minha componente não letiva não correu como previsto.

Agradeço também aos Serviços Intermunicipalizados de Águas e Resíduos dos Municípios de Loures e Odivelas a possibilidade que me deram de desenvolver este Trabalho de Projeto, em contexto de estágio. Expresso um agradecimento especial ao Técnico Superior Marcos Rui Vasconcelos pela orientação e dedicação. Agradeço também aos técnicos Ana Alves, Catarina Almeida, Filipe Garcia, Filomena Victor, João Matias, João Henriques, Mafalda Simplício, Ricardo Lopes e Susana Gaudêncio por me terem recebido e integrado como colega.

Expresso o meu agradecimento à NaturalGIS, em especial, ao Giovanni Manghi, não só pela qualidade da sua formação, mas também pela disponibilidade em auxiliar em algumas das dificuldades com que me fui debatendo, no desenvolvimento deste Trabalho de Projeto, e pela dedicação ao mundo dos Sistemas de Informação Geográfica de código aberto e livres.

Reconheço também os valiosos conhecimentos em Sistemas de Informação Geográfica que me foram transmitidos pelo Engenheiro Alexandre Santos, bem como a sua chamada de atenção para os Sistemas de Informação Geográfica Web e para os Sistemas de Informação Geográfica de código aberto e livres.

Agradeço também ao meu colega e amigo Morna Nandaia a companhia e o incentivo.

Ao Jorge Lopes agradeço, como sempre, o apoio informático.

Deixo um agradecimento muito especial aos meus pais, por todo o apoio e dedicação, em toda a minha formação. Reconheço o vosso esforço e agradeço por fazerem de mim a pessoa que sou hoje. Sem vocês, nunca chegaria onde cheguei, nunca chegaria onde chegarei.

À Ana Sofia Mendes Lopes, deixo um agradecimento muito carinhoso. Obrigado pelo apoio, amizade e amor. Obrigado pelo reconhecimento, compreensão e, acima de tudo, pela paciência.

Agradeço a revisão à Inês Roque e ao Rodrigo Morgado Silva e a ele retribuo a fraternidade, a amizade, o carinho, a companhia e o incentivo.

Agradeço aos meus amigos para a vida, Gonçalo Sá Gomes e Hugo Rebelo, pelos momentos de divertimento e distração, que também fazem falta.

Agradeço a toda a minha família, Morgado, Silva, Mendes, Lopes, pela união, força carinho e amizade, que tanto me incentivaram.

Gratulo os meus colegas atletas do Sporting Clube de Portugal, por fazerem o meu dia-a-dia menos stressantes, especialmente durante o desenvolvimento deste Trabalho de Projeto.

Agradeço a todas as pessoas e entidades que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a concretização deste Trabalho de Projeto.

**DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA
WEB PARA GESTÃO DE RESÍDUOS URBANOS**

**O Caso dos Serviços Intermunicipalizados de Águas e
Resíduos dos Municípios de Loures e Odivelas**

RICARDO MORGADO SILVA

RESUMO

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de Informação Geográfica, Serviços de Mapas Web, Clientes de Mapas Web, Resíduos Urbanos, Contentores, Circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos

A gestão do território contribui para o desenvolvimento socioeconómico e para o alcance de necessidades coletivas. A gestão de recursos, por sua vez, é uma das vias para atingir tais propósitos, convocando agentes, entidades e serviços para a administração de um território. O crescimento social e económico e a expansão urbana das últimas décadas tiveram um impacto significativo no consumo de recursos e na decorrente produção de resíduos, fazendo da gestão dos mesmos um importante meio para a gestão de recursos, com contributo para a gestão do território. Neste contexto, surgem serviços de gestão de resíduos urbanos, que dependem de informação geográfica referente ao seu sistema e ao do ambiente territorial em que o mesmo se insere. Face ao dinamismo e às relações entre diversos fenómenos e elementos presentes no referido ambiente, o processo de gestão de resíduos urbanos torna-se um desafio cada vez mais exigente e heterogéneo, em matéria de decisão espacial. Por esse motivo, é indispensável possuir ferramentas que integrem vários dados e que possibilitem abordagens metodológicas orientadas para uma intervenção territorial mais realista. Para tal, existem diversos métodos e técnicas, assentes em Tecnologias de Informação e Comunicação, com uma considerável adesão a soluções de Sistemas de Informação Geográfica, dada a necessidade de manipular informação com carácter espacial referente à gestão de resíduos urbanos. No quadro atual da produção e da prestação de serviços através de rede digital, as plataformas Web desses Sistemas de Informação Geográfica constituem-se como um instrumento para gestão de resíduos. Considerando o exemplo do Gabinete de Estudos, Planeamento e Controlo, dos Serviços Intermunicipalizados de Águas e Resíduos dos Municípios de Loures e Odivelas, no presente Trabalho de Projeto, pretende-se avaliar a situação atual das metodologias e dos recursos tecnológicos que um serviço deste tipo possui, percebendo o contributo que aplicações de Sistemas de Informação Geográfica Web podem ter para a concretização da sua missão, na conjuntura atual da tecnologia, da

informação e da comunicação na Administração Pública. Assim, o presente Trabalho de Projeto propõe também um modelo de desenvolvimento das referidas aplicações, assentes em Sistemas de Informação Geográfica Desktop e Web de código aberto, livres e gratuitos. As aplicações abarcam informação interna, referente ao sistema de resíduos urbanos, dos Serviços Intermunicipalizados de Águas e Resíduos dos Municípios de Loures e Odivelas, e informação externa diversa, referente ao seu território de intervenção. A integração e relação da informação interna e externa, com resultados nas aplicações, são apresentadas como possíveis meios de assistência aos procedimentos efetuados no Gabinete de Estudos, Planeamento e Controlo e à prestação efetiva do serviço de gestão de resíduos urbanos. Igualmente, é possível inferir a versatilidade, a aplicabilidade e o potencial de aplicações de Sistemas de Informação Geográfica, em diversas vertentes e escalas de gestão do território.

**DEVELOPMENT OF WEB GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM
APPLICATIONS FOR MUNICIPAL WASTE MANAGEMENT**

**The case of the Intermunicipalized Water and Waste
Services of Loures and Odivelas Municipalities**

RICARDO MORGADO SILVA

ABSTRACT

KEYWORDS: Geographic Information Systems, Web Map Services, Web Map Clients, Municipal waste, Waste bins, Municipal waste collection and transportation circuits

Land management contributes to the socio-economic development and the achievement of collective needs. Resource management, in turn, is one of the ways to achieve these purposes, bringing together actors, entities and services for the administration of a territory. Social and economic growth and municipal expansion in the last decades had a significant impact in resources consumption and in the resulting production of waste, making its management an important means to management of resources, with a contribute to land management. In these context, municipal waste management services arise, which depend on geographic information relating to its system and to the territorial environment in which it is inserted. Due to the dynamism and relationship between various phenomena and elements present in the referred environment, the municipal waste management process becomes a challenge increasingly exigent and heterogeneous, on space decision matter. Therefore, it is indispensable to possess tools that integrate several data and that allow methodological approaches oriented to a more realistic territorial intervention. To these ends, there are several methods and techniques, based on Information Technology, with a considerable accession to Geographic Information Systems solutions, given the need to manipulate information with spatial character referring to the municipal waste management. In the current framework of production and provision of services through digital network, the Web platforms of these Geographic Information Systems constitute as a device for waste management. Considering the example of the Studies, Planning and Control Office, of the Intermunicipalized Water and Waste Services of Loures and Odivelas Municipalities, in this project work, one pretend to evaluate the current situation of the methodologies and technological resources that a service of this kind possesses, realizing the contribution that Geographic Information Systems applications may have to the performance of its mission, in the current state of technology, information and communication in Public Administration. Thus, this project work also proposes a model of development of the

referred applications, based on free and open source Desktop and Web Geographic Information Systems. The applications cover internal information, relating to the municipal waste system, of the Intermunicipalized Water and Waste Services of Loures and Odivelas Municipalities, and diverse external information, related to its territory of intervention. The integration and relationship of internal and external information, with results in the applications, are presented as possible means of assistance to the procedures carried out in the Studies, Planning and Control Office and to the effective provision of municipal waste management service. Also, it is possible to infer the versatility, applicability and potential of Geographic Information Systems applications, in various components and scales of land management.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	1
1. GESTÃO DE RESÍDUOS URBANOS	7
1.1. Resíduos urbanos em Portugal	8
1.2. Resíduos urbanos em Loures e em Odivelas	10
2. TECNOLOGIA E INFORMAÇÃO	20
2.1. ... e Administração Pública	20
2.2. ... e gestão de resíduos urbanos	23
2.3. ... e os Serviços Intermunicipalizados de Águas e Resíduos dos Municípios de Loures e Odivelas	27
3. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA GESTÃO DE RESÍDUOS URBANOS	29
3.1. Conceitos	29
3.2. Metodologias	31
3.2.1. Base de dados geográficos	34
3.2.2. Sistemas de Informação Geográfica Desktop	36
3.2.3. Sistemas de Informação Geográfica Web	38
3.2.4. Informação	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1. Back office e funcionalidades	40
4.2. Localização dos contentores	42
4.3. Contentores e circuitos	48
4.4. Contentores e ambiente físico	49
4.5. Contentores e ambiente humano	53
4.6. Contentores e estatística	56
4.7. Contentores e área de influência	60
4.8. Contentores e proximidade	63
5. CONCLUSÃO	65
BIBLIOGRAFIA	69
ÍNDICE DE FIGURAS	75
ÍNDICE DE GRÁFICOS E TABELAS	77

LISTA DE ABREVIATURAS

BGRI – Base Geográfica de Referenciação de Informação

CAOP – Carta Administrativa Oficial de Portugal

COS – Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental

DGT – Direção Geral do Território

DRU – Divisão Resíduos Urbanos

EPSG – European Petroleum Survey Group

GEPC – Gabinete de Estudos, Planeamento e Controlo

GPS – Global Positioning System

INE – Instituto Nacional de Estatística

OSM – Open Street Map

PDM – Plano Diretor Municipal

QGIS – Quantum GIS

RAN – Reserva Agrícola Nacional

REN – Reserva Ecológica Nacional

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SIMAR – Serviços Intermunicipalizados de Águas e Resíduos dos Municípios de Loures e Odivelas

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

WMS – Web Map Service

INTRODUÇÃO

A gestão do território é, em sentido lato, a administração de um espaço físico, sobre o qual ocorrem fenómenos. Assim, a gestão do território deve ter também a capacidade de orientar esses fenómenos, que são o resultado da existência e atividade de elementos físicos e humanos, em relação de interdependência. Então, a gestão do território já não é somente a administração do espaço e dos fenómenos, como é também a gestão desses elementos.

Dentro dos referidos fenómenos encontram-se atividades dependentes da extração e consumo de recursos, que detêm um ciclo de vida, desde a sua utilização, até ao momento em que são considerados como resíduos. Os atores do território, sociais, económicos e/ou políticos, estão conscientes da necessidade da correta gestão de recursos, que passa pela igual correta gestão de resíduos. Surge, nesse sentido, uma componente de gestão de resíduos ao nível urbano, que, em contexto municipal, constitui um serviço público essencial aos indivíduos e entidades e ao seu comportamento social e económico. Esse serviço deve promover a utilização adequada de recursos naturais e está relacionado com a saúde pública e com questões de segurança.

A gestão de resíduos urbanos parece ser, assim, determinante do desenvolvimento da sociedade, contribuindo para o equilíbrio das atividades humanas, no que respeita ao consumo de recursos e à produção de resíduos, em determinando território. Essas atividades, as suas características sociais, económicas e culturais e os recursos que empregam dependem de uma relação com o espaço onde se desenvolvem. A gestão de resíduos urbanos apresenta-se, por isso, como um desafio multidisciplinar, acompanhando as diferentes variáveis envolvidas na produção, no uso económico, na valorização e na destruição de resíduos urbanos, com tendências de aumento generalizado de consumo de recursos ambientais. Logo, se a gestão de resíduos urbanos tiver como propósito a gestão de recursos, a sociedade e o território poderão ser beneficiados.

E é precisamente sobre o território que o serviço de gestão de resíduos urbanos é efetuado, relacionando-se com diversas variáveis presentes na área de intervenção.

Portanto, deter informação relativa ao território e às atividades que sobre ele se desenrolam constitui um meio para alcançar a prestação efetiva desse serviço. Por um lado, os fenómenos e os elementos humanos são influenciados pela componente territorial, em parte, determinante e possibilitadora, das atividades e, consequentemente, da quantidade e da qualidade de recursos consumidos e resíduos urbanos produzidos. Por outro lado, também o território influencia a execução do serviço, especialmente no que respeita ao modo como se distribuem equipamentos e infraestruturas e como os mesmos são geridos. São exemplo disso as seguintes situações: um equipamento de deposição de resíduos urbanos¹ que sofra alterações ao nível da sua área de influência decorrentes de dinâmicas territoriais, demográficas ou económicas, que podem, por sua vez, decorrer de opções de planeamento urbano; um contentor que possa ser alocado a espaços que se destinam a novas tipologias de uso do solo; um contentor que esteja sob influência de determinada variável ambiental, que possa condicionar a sua utilização; um circuito de recolha e transporte planeado segundo quantidade e qualidade de resíduos urbanos produzidos que, por motivos diversos, se vão modificando; um veículo que obedece a determinada rota e que depende da rede viária, na qual se podem verificar também alterações; a necessidade de prever transformações ao nível do uso ou ocupação do solo, decorrentes, por exemplo, de planos urbanísticos ou planos de pormenor.

Nestas circunstâncias, as abordagens em gestão de resíduos urbanos assentam em informação e métodos cada vez mais heterogéneos. No contexto municipal da prestação do serviço de gestão de resíduos urbanos, compreendem-se fenómenos e elementos físicos e humanos, o território de intervenção e o dispositivo associado, numa relação de interdependência. Desta forma, o serviço relaciona as variáveis e os atores territoriais e orienta, em função destes, as suas ações e decisões, sendo que os seus objetivos não se esgotam na gestão dos resíduos urbanos propriamente dita, abrangendo, igualmente, questões socioeconómicas ligadas à mesma.

Para tal, surgem no mercado diversas soluções que permitem que o serviço de gestão de resíduos urbanos seja executado de modo mais célere, eficiente e prático.

¹ Doravante, o(s) equipamento(s) de deposição de resíduos urbanos, indiferenciados ou seletivos, poderão também ser denominados de “contentor(es)”.

Na maioria dos casos, se não mesmo na totalidade, essas soluções baseiam-se em Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), assentes em módulos bastante diversificados. No entanto, é necessário considerar que a maioria da informação relativa a um sistema de resíduos urbanos tem associada uma componente espacial. Daí resulta que grande parte das tecnologias empregues na gestão desse sistema contemple a manipulação de informação espacial, verificando-se uma crescente introdução de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) no suporte às operações de recolha e transporte e à gestão de locais de instalação de contentores. Logo, os SIG constituem-se como ferramenta de apoio aos responsáveis pela concretização da gestão de resíduos urbanos, que devem considerar as atividades humanas que se desenvolvem no território sobre o qual planeiam e monitorizam ações.

Compreende-se, por isso, que a atuação ao nível do sistema de resíduos urbanos seja cada vez mais digital e em rede, diminuindo o consumo de tempo do processo decisório, face à dinâmica associada à gestão de resíduos. A opção pelas componentes Web dos SIG podem, então, contribuir para a atualização da informação, face à necessidade de agir de modo adaptado à realidade do território de intervenção, que se modifica com celeridade.

Assim, o presente Trabalho de Projeto procura explorar como as aplicações de SIG Web podem servir a gestão de equipamentos de deposição de resíduos urbanos e a gestão da recolha e transporte dos mesmos, em contexto municipal, com o exemplo concreto dos Serviços Intermunicipalizados de Águas e Resíduos dos Municípios de Loures e Odivelas (SIMAR). Deste modo, identificam-se três objetivos principais:

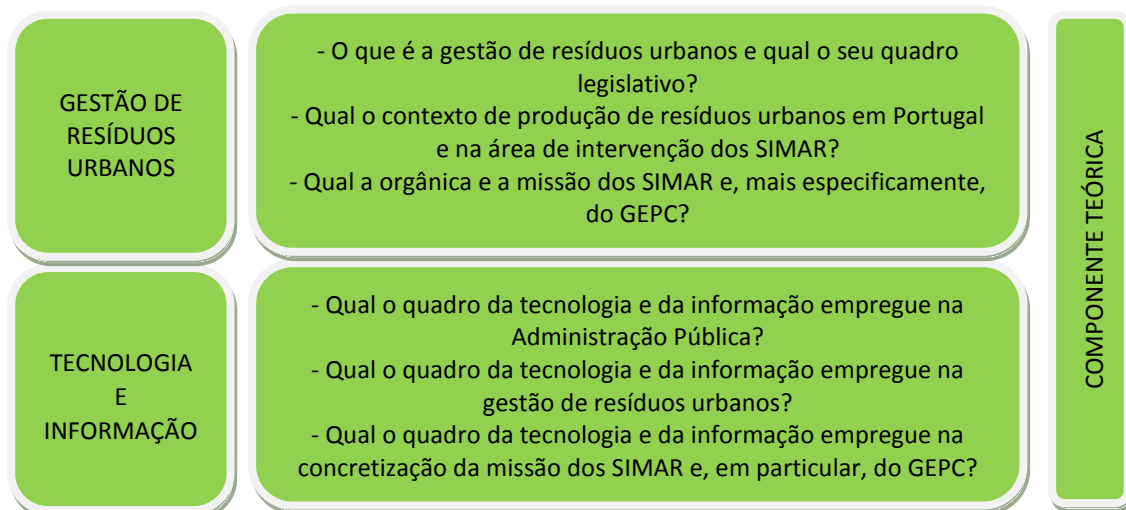
- Através do contacto com os SIMAR, pretende-se avaliar os métodos, as técnicas e os recursos tecnológicos empregues na gestão do sistema de resíduos urbanos, em particular no planeamento e monitorização de contentores e de circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos, a nível municipal, tendo como referência o Gabinete de Estudos, Planeamento e Controlo (GEPC);

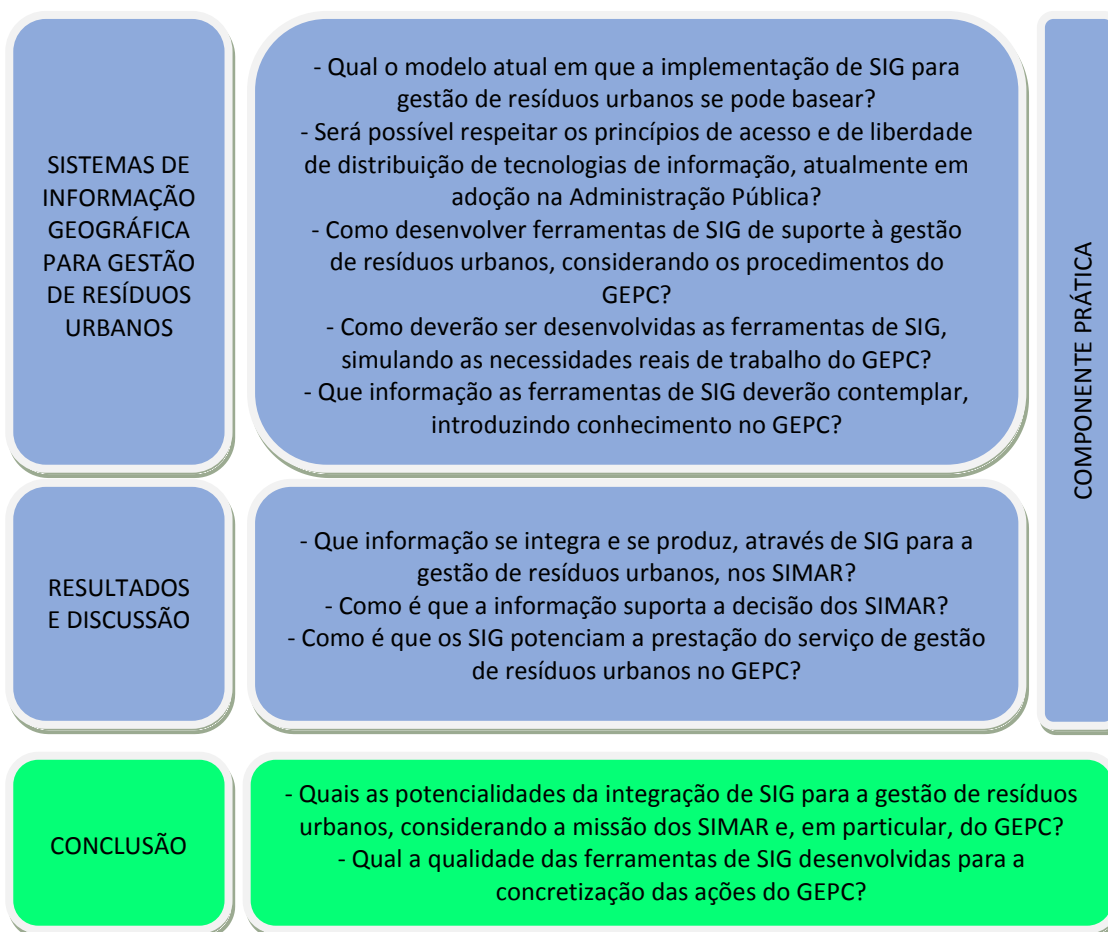
- Perceber o contributo que os SIG podem ter para a gestão do sistema de resíduos urbanos e como podem auxiliar na materialização da missão do GEPC, por meio de desenvolvimento de aplicações de SIG Web, numa ótica de trabalho digital em rede, contemplando informação interna e externa aos SIMAR;

- Inferir a potencialidade que a implementação de SIG tem para efeitos de gestão do território, com base na visão atual da Administração Pública em relação à tecnologia e à informação, tendo como exemplo a gestão de fenómenos e elementos relacionados com o sistema de resíduos urbanos.

Os objetivos supramencionados dão resposta a uma série de questões relacionadas com a componente teórica e com a componente prática de integração de SIG Web para gestão territorial do sistema de resíduos urbanos e planeamento de ações a esse nível. Essas questões organizam-se de acordo com o esquema da Figura 1, que acompanha a estrutura do presente Trabalho de Projeto.

Figura 1. Questões relacionadas com a estrutura do Trabalho de Projeto





No capítulo 1, abordam-se, de modo geral, conceitos e legislação referente à gestão de resíduos urbanos. Introduzem-se, ainda, a quantidade, a qualidade e o destino dos resíduos urbanos recolhidos, nos últimos anos, em Portugal e nos municípios de intervenção dos SIMAR, no contexto da AML. Por fim, apresentam-se os SIMAR e o GEPC, referindo informação relativa à sua estrutura organizacional e às suas operações e apresentando a missão de ambos.

O enquadramento da informação e da tecnologia na Administração Pública, em particular, ao nível municipal, é feito no capítulo 2. Introduz-se, brevemente, o estado da arte da implementação de TIC e SIG para gestão de resíduos urbanos e respetivo sistema, quer em termos comerciais, quer em termos académicos. Refere-se, ainda, a tecnologia de que o GEPC dispõe e a forma como auxilia os seus procedimentos.

No capítulo 3, interpreta-se a informação proveniente dos capítulos anteriores, que permitiu compreender o modelo conceptual sobre o qual o desenvolvimento das

aplicações de SIG Web deveria assentar, para a concretização dos objetivos do presente Trabalho de Projeto. Abordam-se, igualmente, os procedimentos metodológicos teóricos que conduziram o Trabalho de Projeto e estabelece-se o modelo metodológico prático de integração de SIG para efeitos de gestão do sistema de resíduos urbanos, especificamente para gestão de equipamentos de deposição e circuitos de recolha e transporte.

Os resultados das aplicações de SIG Web desenvolvidas são apresentados no capítulo 4, em conjunto com uma discussão relativa à respetiva utilidade, como ferramenta de apoio ao GEPC.

Por fim, no capítulo 5, é apresentada uma breve conclusão, onde se comenta, de modo geral, a viabilidade e potencialidade de integração de ferramentas de SIG Web para gestão de resíduos urbanos, considerando o exemplo concreto dos fenómenos e dos elementos espaciais que o GEPC deve considerar na prossecução da sua missão, bem como para a gestão do território, no geral.

1. GESTÃO DE RESÍDUOS URBANOS

Entende-se como “resíduo” “qualquer substância ou objeto de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer” (alínea u), do Artigo 3.º, do Decreto-Lei 178/2006, de 5 de setembro) e como “resíduo urbano” “o resíduo proveniente de habitações bem como outro resíduo que, pela sua natureza ou composição, seja semelhante ao resíduo proveniente de habitações” (alínea dd), *ibidem*).

A gestão de resíduos urbanos refere-se às operações de “recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos, bem como às operações de descontaminação de solos e à monitorização dos locais de deposição após o encerramento das respetivas instalações” (Artigo 2.º, do Decreto-Lei 178/2006, de 5 de setembro). A gestão de resíduos urbanos assenta em “serviços públicos de carácter estrutural, essenciais ao bem-estar geral, à saúde pública e à segurança coletiva das populações, às atividades económicas e à proteção do ambiente” (Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de agosto).

O regime jurídico atual impõe que a gestão dos resíduos, como parte integrante do seu ciclo de vida, seja da responsabilidade do seu produtor, excetuando casos em que a sua produção não exceda os 1100 litros diários, situação em que é imputada aos municípios (n.º 1 e 2, do Artigo 5.º, do Decreto-Lei 178/2006, de 5 de setembro). Neste âmbito, a gestão de resíduos urbanos pode ser assegurada por unidades orgânicas dos municípios, como serviços municipais ou municipalizados, ou por empresas, entre outros, por meio de concessões. A participação do sector privado é possível, numa “dicotomia entre sistemas municipais, situados na esfera dos municípios, onde se incluem também os sistemas intermunicipais, e sistemas multimunicipais, situados na esfera do Estado” (Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de agosto). No entanto, a responsabilidade de gestão dos resíduos urbanos extingue-se com a transmissão dos resíduos urbanos a um operador licenciado para essa função (n.º 5, do Artigo 5.º, do Decreto-Lei 178/2006, de 5 de setembro), o que acontece com a maioria das unidades orgânicas dos municípios, responsáveis pela recolha e transporte dos mesmos.

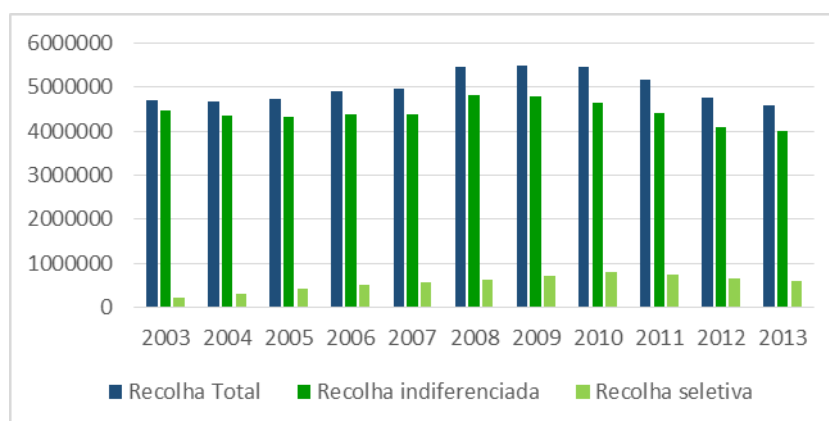
A gestão dos resíduos surge associada a questões socioeconómicas, nomeadamente de segurança e de saúde pública, e, mais recentemente, a questões ambientais, de gestão de recursos e de consciencialização e responsabilização dos vários agentes envolvidos no ciclo de vida dos resíduos (Martinho e Gonçalves, 2000:17). Os resíduos são, provavelmente, a forma de poluição com maior impacto visual, lançando aos decisores territoriais o desafio de criar ferramentas para a sua gestão sustentável, do ponto de vista social, económico e ambiental. Neste contexto, surgem os sistemas integrados de gestão de resíduos urbanos, com capacidade de gerir as componentes do sistema de resíduos urbanos, em articulação com as esferas sociais, económicas, políticas e ambientais.

A gestão dos resíduos urbanos é uma questão complexa, que pode não encontrar soluções únicas, e deve integrar cada vez mais informação e atores, no âmbito da sua valorização. Rui Santos e Graça Martinho (1999:18-20) consideram que os instrumentos de gestão de resíduos se podem agrupar em instrumentos de informação, que visam a disponibilização da informação, como fator para o bom funcionamento dos mercados e para a participação ativa dos consumidores. No entanto, torna-se necessário criar instrumentos de informação para os intervenientes na tomada de decisão, de modo a diminuir os impactos territoriais decorrentes do ciclo de vida dos resíduos urbanos e de todas as sinergias criadas pela sua gestão.

1.1. Resíduos urbanos em Portugal

Segundo dados do Instituto Nacional de Estatística (INE), em 2012, a despesa da Administração Pública portuguesa na gestão dos resíduos totalizou 450 543 093€ (Instituto Nacional de Estatística, 2013:161). No ano de 2013, foi recolhido um total de 4 597 940 toneladas de resíduos urbanos, número menor em relação ao ano anterior, assistindo-se, na última década, a um crescimento médio quase nulo, com as principais oscilações verificadas entre o ano de 2008 e de 2011 e com diminuições mais significativas verificadas nos últimos 2 anos (Gráfico 1). A porção de resíduos recolhidos seletivamente ronda os 13% do total de resíduos recolhidos, embora se tenha assistido ao seu considerável aumento médio, nos últimos anos (Gráfico 1).

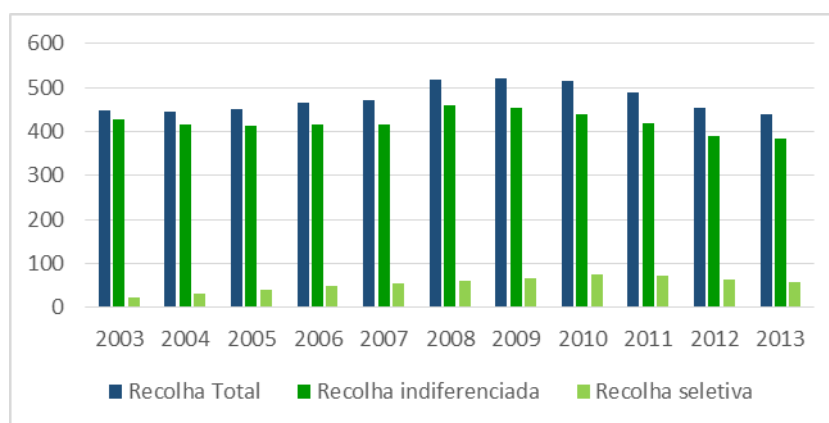
Gráfico 1. Resíduos urbanos recolhidos (tonelagem), por tipo de recolha, em Portugal, entre 2003 e 2013



Fonte estatística: INE

De acordo com o INE, em 2013, do total de resíduos urbanos recolhidos, cerca de 50% tiveram como destino um aterro e os restantes 50% distribuem-se pela valorização energética, pela valorização orgânica e pela valorização multimaterial. No caso da recolha indiferenciada, a maioria dos resíduos urbanos teve como destino um aterro (57%) e os restantes foram valorizados. No caso dos resíduos urbanos recolhidos seletivamente, a maioria (82%) destinou-se a valorização multimaterial e o remanescente à restante valorização e a aterro. No mesmo ano, o vidro, o papel e cartão e as embalagens representaram, respetivamente, 34%, 32% e 18%, do total de resíduos recolhidos seletivamente. A proporção média do total de resíduos urbanos recolhidos, por habitante, em 2013, foi de 440 kg e de 56 kg, se se considerarem apenas os resíduos recolhidos seletivamente, números que aumentaram na última década, mas com uma tendência recente de diminuição (Gráfico 2).

Gráfico 2. Resíduos urbanos recolhidos por habitante (kg/hab.), por tipo de recolha, em Portugal, entre 2003 e 2013



Fonte estatística: INE

Embora com dimensões de produção, recolha e transporte de resíduos que, variam em Portugal, internamente e em comparação com outros países, é relevante considerar um conjunto de princípios, serviços e ferramentas que permitam gerir esses mesmos resíduos, na ótica da diminuição dos impactos ambientais do seu ciclo de vida.

1.2. Resíduos urbanos em Loures e em Odivelas

Nos municípios de Loures e de Odivelas (Figura 2 e Figura 3), a conceção e exploração do sistema de recolha e transporte de resíduos urbanos é assegurada pelos SIMAR (Aviso n.º 11181/2014, de 7 de outubro). Considerados como serviços multimunicipais, por servirem dois municípios, os SIMAR asseguram o Serviço de Remoção e Deposição de Resíduos Urbanos e detêm intervenção estatal, embora permitam a concessão de serviços a empresas em que a participação de capitais privados não é maioritária (n.º 1, 2 e 3, do Artigo 1.º, do Decreto-Lei n.º 92/2013, de 11 de julho).

Figura 2. Municípios de Loures e de Odivelas, na Grande Lisboa



Fonte: Direção Geral do Território (DGT)

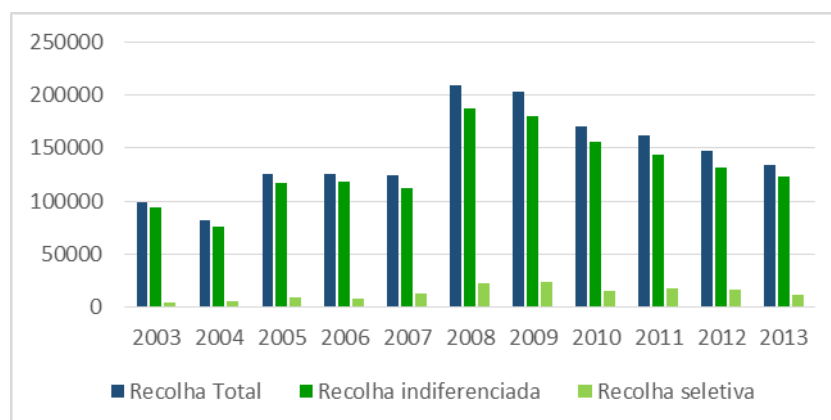
Figura 3. Freguesias dos municípios de Loures e de Odivelas e municípios limítrofes



Fonte: DGT

Em Loures e Odivelas, em 2013, segundo dados do INE, foi recolhido um total de 133 774 toneladas de resíduos urbanos, com a recolha indiferenciada e seletiva a representarem 122 576 toneladas (92%) e 11 198 (8%), respetivamente (Gráfico 3). A quantidade de resíduos recolhidos manteve um comportamento evolucionar médio similar ao de Portugal, na última década, registando-se igualmente um crescimento médio próximo de nulo, mas com um aumento significativo da proporção de resíduos recolhidos seletivamente (Gráfico 3).

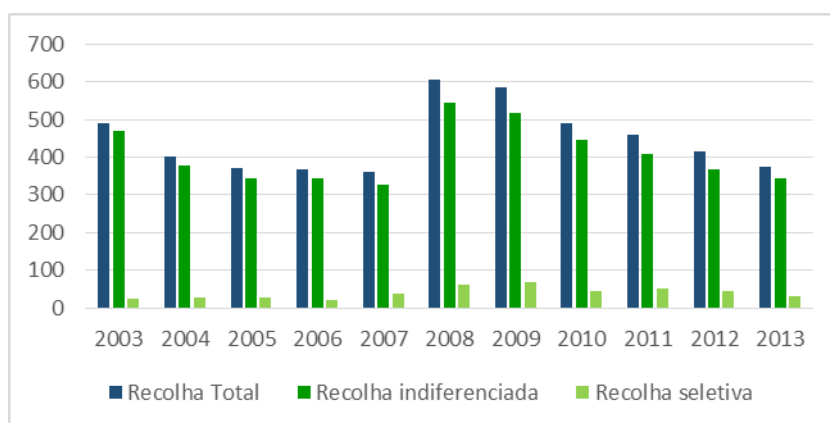
Gráfico 3. Resíduos urbanos recolhidos (tonelagem), por tipo de recolha, em Loures e Odivelas, entre 2003 e 2013



Fonte estatística: INE

De acordo com o INE, no mesmo ano, do total de resíduos urbanos recolhidos, 87% destinaram-se a valorização energética e 13% a aterro, a valorização orgânica ou a valorização multimaterial, valores diferentes da média nacional. Na recolha indiferenciada, 95% dos resíduos urbanos tiveram como destino a valorização energética, valor superior à média nacional, e os restantes foram valorizados por outros processos ou tiveram como destino o aterro. Na recolha seletiva, a maioria (72%) destinou-se a valorização multimaterial e o remanescente a outros tipos de valorização ou a aterro. O vidro, o papel e cartão e as embalagens representaram, respetivamente, 30%, 31% e 22%, do total de resíduos recolhidos seletivamente. A proporção média do total de resíduos urbanos recolhidos por habitante foi de 374 kg, 31 kg se se considerarem apenas os resíduos recolhidos seletivamente (Gráfico 4), 8% e 25% abaixo da média nacional, respetivamente.

Gráfico 4. Resíduos urbanos recolhidos por habitante (kg/hab.), por tipo de recolha, em Loures e Odivelas, entre 2003 e 2013

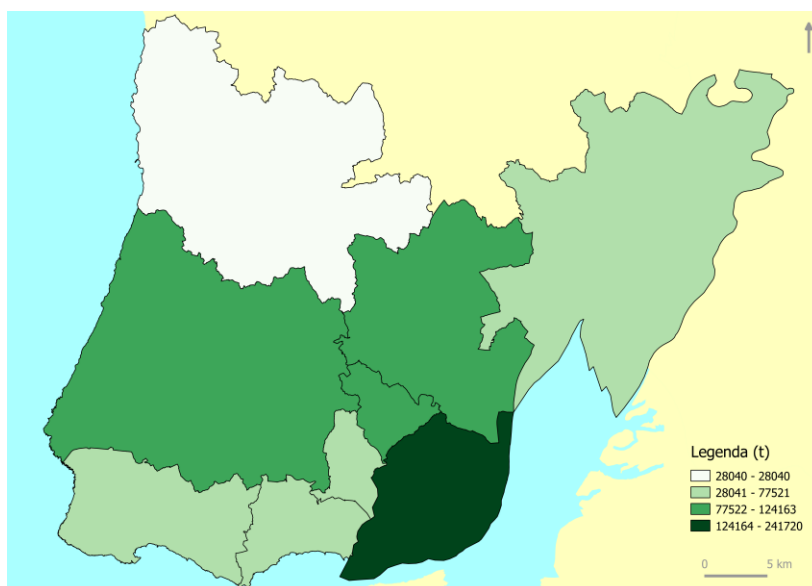


Fonte estatística: INE

No ano de 2013, as 133 774 toneladas de resíduos urbanos recolhidos em Loures e Odivelas representaram, aproximadamente, 15% do total recolhido na Grande Lisboa. Conjuntamente, os dois municípios são os que apresentam os maiores totais de resíduos urbanos recolhidos, ultrapassados apenas pelo município de Lisboa, com 292 246 toneladas, e pelo município de Sintra, com 150 735.

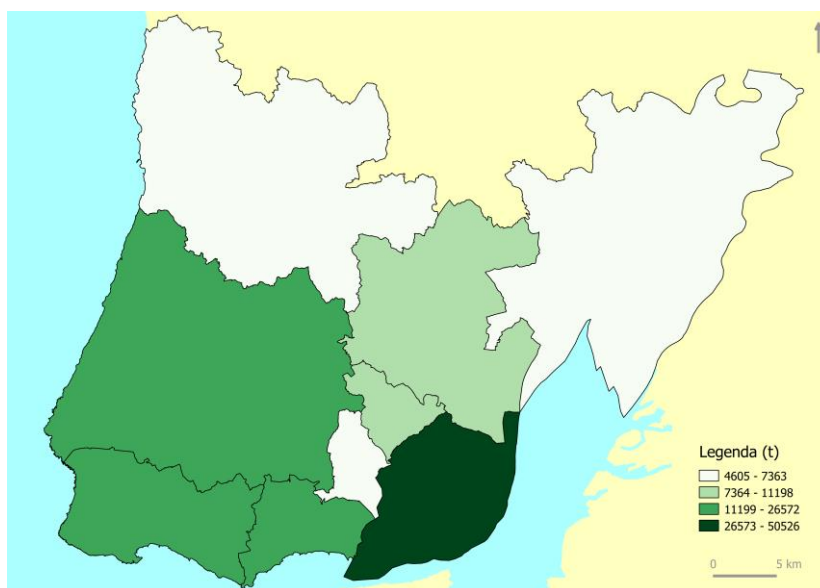
Em comparação com os restantes municípios da Grande Lisboa, Loures e Odivelas ocupam a terceira posição no que refere à tonelagem de resíduos urbanos recolhidos indiferenciadamente (Figura 4) e a quinta no que respeita à tonelagem de resíduos urbanos recolhidos seletivamente (Figura 5).

Figura 4. Resíduos urbanos recolhidos indiferenciadamente (tonelagem), nos municípios da Grande Lisboa, em 2013



Fonte estatística: INE

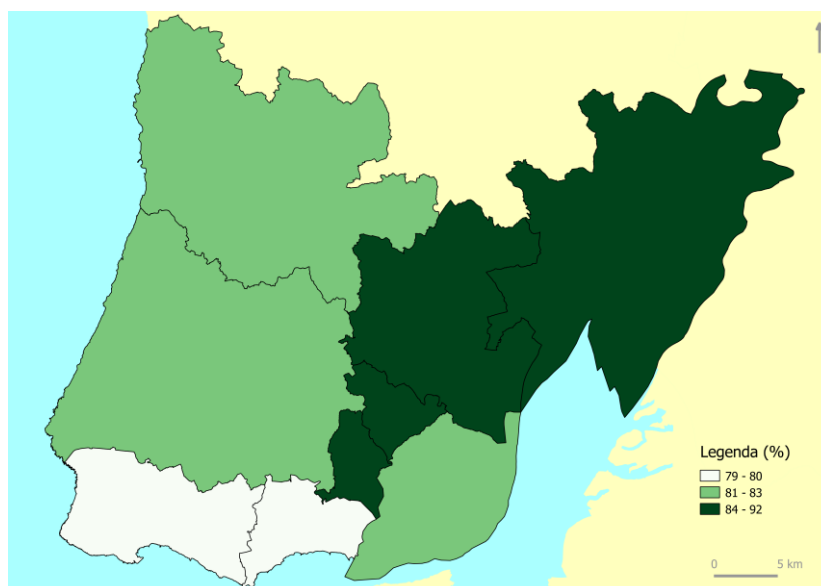
Figura 5. Resíduos urbanos recolhidos seletivamente (tonelagem), nos municípios da Grande Lisboa, em 2013



Fonte estatística: INE

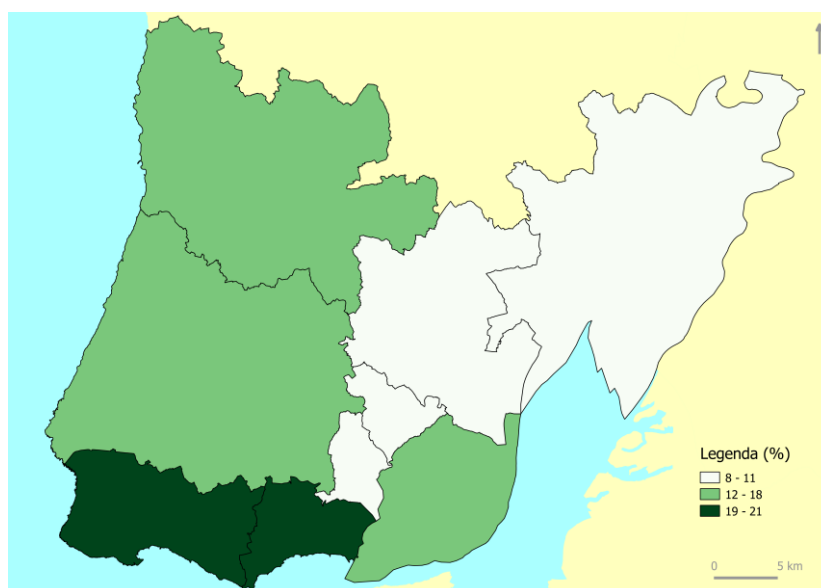
Em relação à restante Grande Lisboa, Loures e Odivelas são os municípios com maior proporção de resíduos urbanos recolhidos indiferenciadamente (Figura 6), logo, com menor proporção de resíduos recolhidos seletivamente (Figura 7), do total recolhido nos dois municípios.

Figura 6. Resíduos urbanos recolhidos indiferenciadamente (percentagem do total de resíduos urbanos recolhidos), nos municípios da Grande Lisboa, em 2013



Fonte estatística: INE

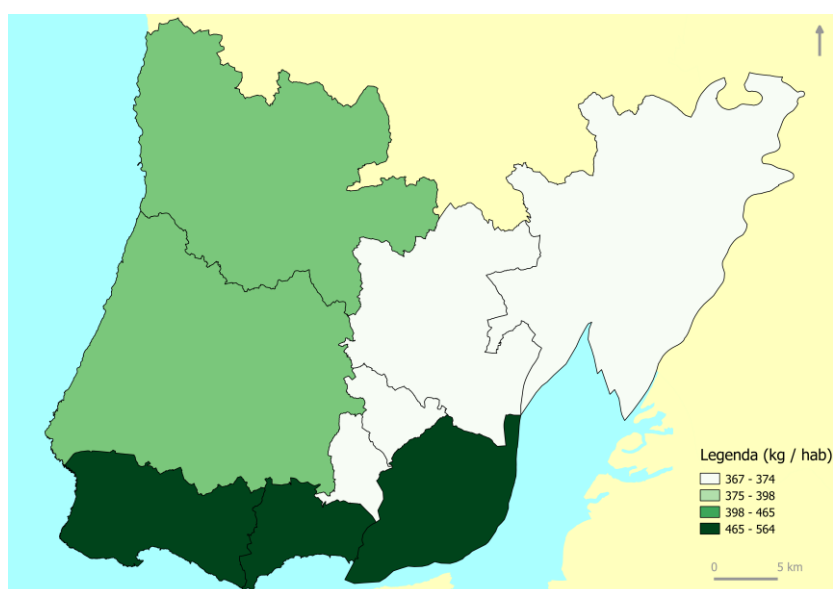
Figura 7. Resíduos urbanos recolhidos seletivamente (percentagem do total de resíduos urbanos recolhidos), nos municípios da Grande Lisboa, em 2013



Fonte estatística: INE

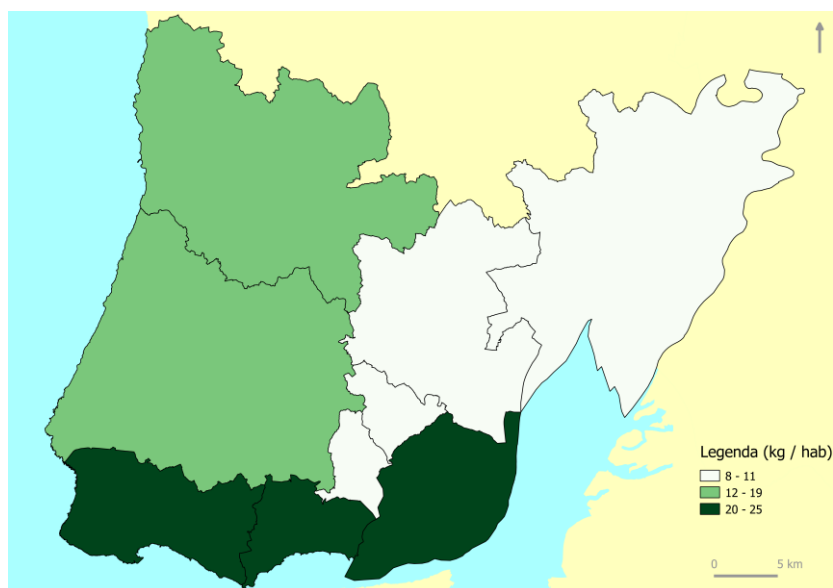
Face aos restantes municípios da Grande Lisboa, Loures e Odivelas apresentam o segundo valor mais baixo no que respeita à quantidade de resíduos urbanos recolhidos indiferenciadamente por habitante (Figura 8) e o mais baixo no que refere à quantidade de resíduos urbanos recolhidos seletivamente por habitante (Figura 9).

Figura 8. Resíduos urbanos recolhidos indiferenciadamente por habitante (kg/ hab.), nos municípios da Grande Lisboa, em 2013



Fonte estatística: INE

Figura 9. Resíduos urbanos recolhidos seletivamente por habitante (kg/ hab.), nos municípios da Grande Lisboa, em 2013



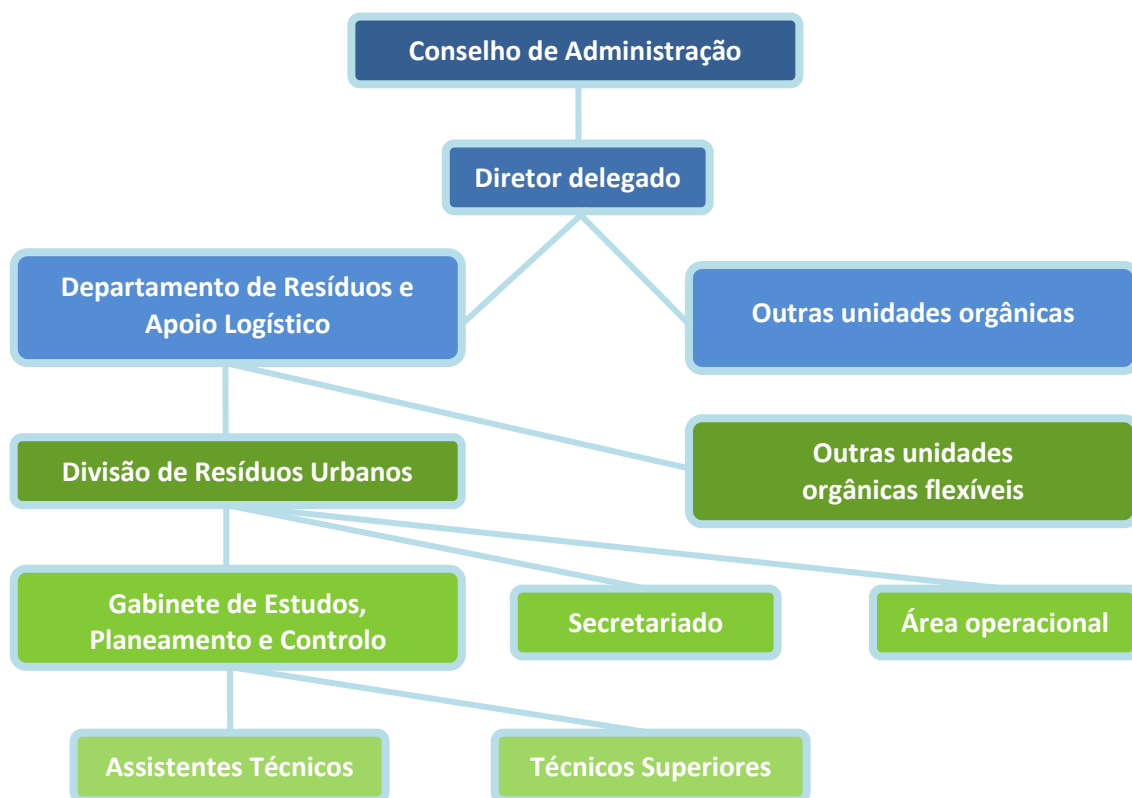
Fonte estatística: INE

Segundo o relatório de gestão dos SIMAR de 2013, nesse ano, os SIMAR realizaram um investimento total de 2 078 757€, em contentores, três viaturas de recolha e em equipamentos diversos associados à recolha e transporte de resíduos urbanos e outros investimentos. Já o relatório de gestão de 2012 revela que, nesse ano, os SIMAR realizaram um investimento total de 322 800€, em contentores, duas viaturas e em equipamentos diversos associados à recolha e transporte de resíduos urbanos. A frota de recolha e transporte de resíduos urbanos era composta por 90 viaturas, que consumiram um total de 579 188 litros de gasóleo e 326 124 Nm³ de gás natural. As viaturas recolheram os resíduos urbanos dos municípios de Loures e Odivelas através de 114 circuitos, sendo que 53 circuitos se destinavam à recolha de resíduos urbanos indiferenciados, 58 à recolha seletiva multimaterial e 3 à recolha seletiva de resíduos orgânicos. Para a deposição de resíduos urbanos de forma indiferenciada, os SIMAR disponibilizaram, na via pública, um total de 22 012 contentores e 868 ecopontos, compostos, geralmente, por 3 contentores para deposição seletiva de resíduos urbanos, tendo sido reparados 4760 contentores e substituídos 2724. Os contentores encontram-se georreferenciados quase na totalidade, estando em falta os contentores de recolha porta-a-porta, para os quais se prevê a referenciação não da sua localização exata, mas ao segmento da rua a que pertencem.

Os SIMAR constituem o sistema municipal para a gestão de resíduos urbanos, de Loures e de Odivelas, de acordo com a estrutura orgânica patente na Figura 10. Para os SIMAR, a gestão do sistema de resíduos urbanos compreende “o conjunto das atividades de carácter técnico, administrativo e financeiro, bem como o conjunto das operações de deposição, recolha, transporte, tratamento, valorização e eliminação dos resíduos, incluindo o planeamento e fiscalização dessas operações, bem como a monitorização dos locais de destino final, depois de se proceder ao seu encerramento” (Artigo 4.º, do Aviso n.º 9772/2004, de 16 de dezembro). Por sua vez, o sistema de resíduos urbanos é composto por um “conjunto de obras de construção civil, equipamentos mecânicos e ou elétricos, viaturas, recipientes e acessórios, de recursos humanos, institucionais e financeiros e estruturas de gestão, destinado a assegurar, em condições de eficiência, conforto, segurança, inocuidade e economia, a deposição,

recolha, transporte, valorização, tratamento e eliminação dos resíduos” (Artigo 9.º, *ibidem*). Os SIMAR recolhem e transportam resíduos urbanos de origem doméstica ou semelhante (materiais recicláveis, resíduos orgânicos, resíduos de jardim ou resíduos volumosos), que são, posteriormente, entregues à entidade responsável pelo seu tratamento e valorização, a Valorsul – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos das Regiões de Lisboa e do Oeste, S.A..

Figura 10. Organograma dos Serviços Intermunicipalizados de Águas e Resíduos dos Municípios de Loures e Odivelas



Segundo o Artigo 45.º, do Aviso 11181/2014, de 7 de outubro, dentro do Departamento de Resíduos e Apoio Logístico, e no âmbito da remoção dos resíduos urbanos, são atribuições da Divisão Resíduos Urbanos (DRU):

- “a) Planear e implementar os circuitos de recolha de resíduos urbanos;
- b) Assegurar a recolha de todos os resíduos urbanos, promovendo o seu transporte a destino adequado;
- c) Organizar e gerir o serviço intermunicipal de recolha e transporte de resíduos urbanos, em cumprimento da legislação e regulamentos em vigor;

d) Promover a execução e atualização do Plano de Ação de Recolha e Valorização de Resíduos Urbanos — PARVRU;

e) Promover e incentivar a participação da população na aplicação da política de separação de resíduos, providenciando e disponibilizando as condições adequadas e necessárias para o efeito;

f) Promover a planificação de recolha seletiva de resíduos, em estreita articulação com as entidades de âmbito intermunicipal;

g) Participar na gestão integrada de resíduos;

h) Proceder à distribuição, substituição, lavagem e manutenção do equipamento de deposição de resíduos;

i) Emitir pareceres sobre a construção ou a localização de instalações destinadas à deposição de resíduos;

j) Promover estudos e simular cenários conducentes à otimização da exploração;

k) Colaborar na atualização do cadastro.”

As competências supracitadas desenvolvem-se no GEPC, da DRU, através de atividades complementares de carácter técnico, administrativo, financeiro e de fiscalização (Artigo 10.º, do Aviso n.º 9772/2004, de 16 de dezembro). No GEPC, técnicos superiores e assistentes técnicos administram contentores e circuitos e métodos de recolha e transporte de resíduos urbanos, baseados em diversos fatores, com áreas de gestão distribuídas segundo as freguesias dos municípios de Loures e Odivelas, de acordo com a Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP) de 2012. Geralmente, estas operações de gestão iniciam-se após pedido à DRU, por parte de municípios ou de entidades ou pela a monitorização e observação direta da DRU.

O GEPC é responsável pela distribuição espacial dos contentores e pela atualização permanentemente dos métodos e circuitos de recolha e transporte. A distribuição espacial dos contentores é realizada através da sua instalação em novos locais ou da sua movimentação (substituição, reparação, remoção ou abate). A atribuição e a movimentação de contentores exigem a análise de diversas variáveis

envolventes, nomeadamente a produção diária de resíduos urbanos, o edificado, os alojamentos e a disponibilidade de contentores. O serviço de gestão de resíduos urbanos considera-se disponível se o equipamento se encontrar a menos de 100 metros do local para onde é pedido, podendo atingir os 200 metros em áreas predominantemente rurais (n.º 4 e 5, do Artigo 59.º, do Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de agosto). O levantamento industrial é igualmente uma das funções dos técnicos do GEPC, consistindo na apreciação da quantidade e tipologia de resíduos urbanos produzidos por empresas, a fim de avaliar a necessidade de atribuição de um ou vários contentores. Os técnicos estão igualmente atentos a novas urbanizações ou loteamentos, prospetando a atribuição e distribuição espacial de contentores.

O GEPC monitoriza os contentores distribuídos pelos dois municípios, examinando a área de influência dos contentores e ajustando a distribuição à produção efetiva de resíduos urbanos e aos circuitos e métodos de recolha e transporte, gerindo também os contentores armazenados ou em reparação. O conhecimento do território de Loures e de Odivelas é, pois, fundamental para as ações projetadas em gabinete. A georreferenciação dos contentores distribuídos pela área de intervenção dos SIMAR e a sua permanente atualização permitem inferir a disponibilidade do serviço de gestão de resíduos urbanos, contribuindo para o correto planeamento da recolha e transporte. Já o conhecimento do território suporta o planeamento da movimentação e atribuição de contentores, devendo contemplar características espaciais dos locais de instalação e normas de bem-estar e segurança na via pública. Para tal, deve contemplar-se a caracterização espacial (demográfica, económica, ambiental, etc...) do local de instalação e proceder-se ao diagnóstico, à definição e avaliação de cenários e à monitorização dos contentores.

Atualmente, os SIMAR encontram-se em processo de reestruturação organizacional, sendo que a sua estrutura e algumas das atribuições ou competências referidas podem encontrar-se já desatualizadas, dadas as possíveis aprovações ou revogações de regulamentos de organização, que se têm vindo a verificar nos últimos meses.

2. TECNOLOGIA E INFORMAÇÃO...

O quadro legislativo referente à gestão de resíduos urbanos, em contexto municipal, e o panorama de resíduos urbanos recolhidos em Portugal e, em particular, nos municípios de intervenção dos SIMAR foram apresentados no capítulo anterior. Então, seguidamente, aborda-se a informação, a tecnologia e a metodologias que são ou que poderiam ser empregues na gestão de resíduos urbanos. Portanto, no presente capítulo, expõe-se a situação atual da Administração Pública face à implementação de TIC, com horizontes ao nível da circulação livre e gratuita de informação e de tecnologia, demonstram-se alguns exemplos de recurso a SIG para gestão de resíduos urbanos e revela-se a tecnologia empregue no seio do GEPC.

2.1. ... e Administração Pública

O recurso às TIC, no seio da Administração Pública de Portugal, tem ganho cada vez mais importância, com a informação a assumir um papel fulcral na sociedade, em especial na esfera económica e política, tendo capacidade de gerar riqueza, conhecimento e qualidade de vida (Missão para a Sociedade da Informação, 1997:5). A governança vai assumindo um carácter mais digital, suportado em serviços tecnológicos de apoio à decisão, num contexto em que “o XIX Governo Constitucional assume como objetivo estratégico promover a inovação, o empreendedorismo e a internacionalização da economia nacional, com vista a tornar Portugal um país com empresas de elevado potencial de crescimento e de internacionalização” (Resolução do Conselho de Ministros n.º 112/2012, de 31 de dezembro). Com base em Internet, estes serviços abrangem cada vez mais tipos de conteúdos e informação de interesse, que contribuem para a concretização das atribuições dos órgãos e serviços de apoio direto e indireto ao Estado português, para os quais é indispensável a relação de intra e interoperabilidade e a troca e difusão de conhecimento com os cidadãos e empresas.

A Administração Pública pode encontrar oportunidades de produção e difusão de informação através de TIC dentro e entre as próprias entidades, ao mesmo tempo que alarga o plano de conhecimento aos cidadãos e empresas, colocando-os no centro das atenções, melhorando a qualidade e a comodidade dos serviços e reforçando os

meios de participação ativa no exercício de cidadania (Resolução do Conselho de Ministros n.º 108/2003, de 12 de agosto). Mais do que isso, a Administração Pública tem os cidadãos e empresas como clientes dos seus serviços, com os quais é necessário estabelecer canais de contacto, aliando as tecnologias à eficiência e qualidade dos serviços (*ibidem*).

Compreende-se, portanto, que a integração de TIC é tão importante na disponibilização de serviços como na estruturação dos mesmos, que podem beneficiar de ferramentas que potenciam o acesso, o ganho e a transferência de conhecimento, quer em termos quantitativos, quer em termos qualitativos. Neste sentido, o Governo tem vindo a desenvolver planos tecnológicos, entendidos como um processo de modernização e desenvolvimento económico que considera a importância da comunicação e da informação para qualquer ato de decisão (Resolução do Conselho de Ministros n.º 190/2005, de 16 de dezembro). Os planos tecnológicos têm a capacidade de estimular a criação, a difusão e a absorção de conhecimento, convocando a sociedade para a informação, através de tecnologia e inovação, e remetendo a governança para um padrão mais digital.

Com a promoção tecnológica a alcançar a esfera política, a governança encontra-se, atualmente, numa era de e-governança, que pode ser definida como a utilização de TIC dentro do governo, para atingir operações mais eficientes, melhor qualidade e acesso a informação e serviços governamentais (Kramer e King, 2006). Como defende Gouveia (2004:21), a e-governança, traduzida do inglês *e-governance*, envolve mais do que o poder central, englobando também o poder político, sendo que a tradução mais adequada deveria remeter para Administração Pública eletrónica.

Em Portugal, o Governo tem implementado políticas e adotado medidas que visam adaptar a Administração Pública a este paradigma de e-governança, através do programa SIMPLEX (Resolução do Conselho de Ministros n.º 109/2009, de 2 de outubro), por exemplo. As ferramentas tecnológicas simplificam e melhoram o acesso aos serviços públicos, reorganizando-os em função das necessidades dos cidadãos e das empresas, verificando-se, de facto, alguma transversalidade entre e-governança e Administração Pública eletrónica. Estudos comprovam alguma similaridade no acesso, utilização e disponibilização de TIC dentro e para fora de toda a Administração Pública,

direta e indireta do Estado e Autónoma, e na própria evolução temporal destes processos. Contudo, provavelmente, para os cidadãos e entidades públicas e privadas, os efeitos da governança digital são “mais visíveis” na Administração Autónoma, face ao maior nível de subsidiariedade da Administração Regional e da Administração Local.

Segundo dados da UMIC – Agência para a Sociedade do Conhecimento, IP², desde 2004 que, em Portugal, a totalidade das Câmaras Municipais detém acesso à Internet, embora só 88% dos computadores estejam efetivamente ligados à Internet e 37% dos trabalhadores a utilizem regularmente. As razões que conduzem as Câmaras Municipais à criação de sítio na Internet centram-se, maioritariamente, na divulgação de informação e atividades, sendo que a promoção das TIC junto dos cidadãos e a disponibilização de serviços *online* podem ainda ser aprofundados. Em 2011, do total de Câmaras Municipais com serviços *online*, a maioria disponibilizava formulários (94%) ou processos de consulta pública (82%) e 62% disponibilizavam SIG ou mapas interativos. Relativamente às Câmaras Municipais com Intranet, no mesmo ano, a maioria utilizava-a como meio de disponibilização de contatos e de formulários ou informação institucional e como base de dados. Resta ainda referir que, em 2011, o *software* de código aberto era utilizado em 73% dos casos para sistemas operativos, 68% para servidores de Internet e 48% para outro tipo de aplicações.

Com efeito, verifica-se um *transfer* da e-governança para o seio dos organismos da Administração Pública. Por um lado, as TIC potencializaram as metodologias de criação de serviços, assegurando o acesso a informação e a produção e troca de conhecimento dentro dos próprios organismos. Por outro lado e em consequência, os serviços prestados aos cidadãos e entidades simplificaram-se significativamente e melhoraram qualitativamente e quantitativamente.

No entanto, um pouco em resultado da conjuntura económica atual, o Governo assumiu a necessidade de criar meios para gerir os custos com TIC e com a própria informação, admitindo-se a “falta de uma estratégia global para as TIC e de vetores estratégicos globais de implementação de medidas que abarquem toda a Administração Pública” (Resolução do Conselho de Ministros n.º 46/2011, de 14 de

² Veja-se: <http://www.umic.pt/>

novembro). Tal aspeto pode ter conduzido à abertura ao *software* livre, de que é exemplo a Resolução da Assembleia da República n.º 53/2007, de 19 de outubro. A Resolução em causa aprova a iniciativa de formação e utilização de *software* livre no Parlamento, com disponibilização de informação em formatos compatíveis na Internet e Intranet da Assembleia da República, de modo a não condicionar a sua utilização a *software* proprietário.

Os padrões atuais de utilização de TIC na Administração Pública podem contribuir, por um lado, para a melhoria da disponibilização de serviços, por outro, para iniciativas de abertura a *software* livre e de acesso a bases de dados gratuitas. Com um leque bastante variado, quer em termos de configurações e funções, quer em termos do tipo de informação que gerem, existem atualmente numerosas ferramentas tecnológicas e bases de dados livres, promovidas pelo Governo³, esperando-se que toda a estrutura da Administração Pública possa beneficiar com a sua adoção.

2.2. ... e gestão de resíduos urbanos

A estrutura orgânica dos serviços de que um ou mais municípios dispõem para gestão de resíduos urbanos assemelha-se em muito à estrutura orgânica das próprias Câmaras Municipais: “estrutura hierarquizada, constituída por unidades orgânicas nucleares, flexíveis” e subunidades orgânicas com estrutura matricial e equipas multidisciplinares (alínea a) e b), do Artigo 6.º, do Despacho n.º 5096/2013, de 15 de abril). O que se espera é que o acesso a TIC nesses serviços assuma padrões similares, no que respeita aos fluxos processuais, e seja transversal a todos os meios de atuação e decisão.

Primeiramente, os serviços municipalizados detêm um conjunto de departamentos e divisões que recorrem, geralmente, a TIC, para comunicação, partilha de informação e prestação de serviços aos munícipes e entidades públicas e privadas. No entanto, obviamente, a utilização de TIC não se esgota no *front office*, definido como o “sistema de interface e de interação com o cliente/utilizador” e como a “parte

³ Veja-se: <http://www.softwarepublico.gov.pt/inicio>, <http://www.softwarelivre.gov.pt/>, <http://www.dados.gov.pt/pt/inicio/inicio.aspx> e <http://www.igeo.pt/>

visível da organização para os seus clientes e utilizadores” (Gouveia, 2004:15). Antes disso, há todo um *back office*, que “designa o conjunto de componentes do sistema de informação a que o cliente não tem acesso”, nomeadamente “as operações internas e a interação com os fornecedores e profissionais da organização” (*ibidem*).

Em segundo plano, a gestão de contentores e de métodos e circuitos de recolha de resíduos urbanos está muito dependente de informação com carácter espacial, referente aos contentores em si e a variáveis relacionadas com o território. A integração tecnológica da informação permite a simplificação dos procedimentos dessa gestão, que pode ser potenciada se a mesma for feita em sistemas físicos e virtuais que permitam a visualização, análise, relação e manipulação de dados com dimensão espacial. Neste contexto, os SIG têm sido crescentemente empregues, disponibilizando diversas ferramentas para gestão de resíduos urbanos e do respetivo dispositivo de equipamentos e infraestruturas. Atualmente, encontram-se no mercado e no meio académico alguns casos reais e experimentais de aplicação de SIG para gestão de resíduos urbanos.

O planeamento de circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos é um dos assuntos mais frequentemente abordados, no que respeita ao emprego de SIG para gestão de resíduos. O trabalho de Silva (2013) é um exemplo recente de recurso a ferramentas SIG para otimização de recolha e transporte de resíduos, através de algoritmos para resolução de problemas relacionados com os circuitos de veículos, os comuns algoritmos de Problema de Roteamento de Veículo (Vehicle Routing Problem, em inglês). Segundo o autor, para o caso de estudo em questão, é possível obter reduções de cerca de 25% de quilómetros percorridos para a recolha de resíduos urbanos, recorrendo a ferramentas SIG Desktop e Web. A análise de redes com SIG pode também ser orientada para a otimização de circuitos de recolha de resíduos urbanos, de que é exemplo o trabalho de Silva (2009), embora se admitam algumas limitações práticas. Santos, Coutinho-Rodrigues e Antunes (2011) basearam-se no Google Maps (©2014 Google), para desenvolver um sistema Web de suporte à decisão espacial, para otimização de circuitos de recolha e transporte de resíduos. Já o trabalho de Fernandes (2009) demonstra, igualmente, como os SIG podem ser aplicados na gestão de circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos, com o

exemplo prático de uma Câmara Municipal, onde se avaliaram alterações aos circuitos existentes.

Dentro da otimização de circuitos, é possível ainda adicionar diversas variáveis, que, no caso da recolha e transporte de resíduos urbanos, variam entre o nível de enchimento dos contentores e a tentativa de diminuir gases poluentes emitidos pelos veículos que cumprem esses circuitos (Gouveia, 2009; Beijoco, 2011; Davide, 2012). O estudo de Zsigraiova, Semião e Beijoco (2012) é um exemplo, que demonstra que, em ambiente de SIG, é possível combinar a otimização de circuitos, respetivos tempos e distâncias a percorrer com a emissão de gases poluentes, o consumo de combustível e a velocidade dos veículos, podendo introduzir melhorias substanciais ao sistema de gestão de resíduos urbanos, no caso, de uma empresa de valorização e tratamento de resíduos.

Contudo, a aplicabilidade dos SIG na gestão de resíduos urbanos, não se esgota na otimização de circuitos, que varia nos seus pressupostos, consoante os objetivos de uma entidade ou utilizador, e é de definição subjetiva. Por um lado, em termos teóricos, no momento de planeamento de circuitos, há um considerável número de variáveis que deve ser tido em conta, como por exemplo a produção de resíduos em quantidade e qualidade, que está dependente de questões sociais e económicas. Por outro lado, em termos práticos, envolve inúmeras variáveis, no momento de execução dos circuitos, que são permanentemente manipulados pela decisão humana momentânea, podendo colocar em causa o planeado. Neste contexto, os sistemas de navegação por Global Positioning System (GPS) são os mais utilizados para orientar veículos por circuitos, mesmo que previamente preparados em ambiente de SIG Desktop. Mas a componente de otimização de circuitos e navegação é somente uma parte dos SIG que pode auxiliar na gestão de resíduos urbanos. Aliás, a construção de circuitos ótimos está dependente de análises que contemplam dados espaciais e temporais referentes ao sistema de resíduos urbanos, como contentores ou aterro de resíduos, e informação do ambiente onde se insere, como variáveis socioeconómicas.

Surgem, assim, soluções e trabalhos que vão no sentido de englobar variáveis socioeconómicas e ambientais. Canseiro (2013) demonstra como é possível gerir contentores, em contexto municipal, com bases de dados geográficos e com *software*

de SIG Desktop e de SIG Web. Com o suporte de dados geográficos é possível fazer o cruzamento com diversas variáveis no mesmo formato. Nunes (2012) reforça a ideia de que os SIG, também em contexto municipal, têm possibilidade de agregar ferramentas de registos operacionais e de otimização de circuitos, permitindo uma visão espacial do território de intervenção. Costa *et al.* (2011) apresentam um estudo sobre a caracterização de resíduos, a evolução da sua produção e a aquisição de dados relativos à taxa de enchimento de contentores. Cruzando, em SIG, esta informação com a frequência de recolha de resíduos, os autores afirmam ser necessário o redimensionamento da periodicidade de recolha. Os trabalhos anteriormente referidos poderiam ainda ser enriquecidos com a informação que Illeperuma e Samarakoon (2010) contemplaram no seu estudo. Estes autores provaram que a inclusão de variáveis demográficas, como o número de alojamentos, edifícios ou rendimento económico, permitem construir um modelo para estimar a produção de resíduos, determinando, deste modo, o número, a capacidade e a área de influência necessários para servir a população de uma determinada área. Já Ahmed, Muhammad e Sivertun (2006) e Nithya, Velumani e Senthil (2012) abordam, através de SIG, a alocação e realocação de contentores, face à distância relativa ao utilizador, permitindo melhorias na prestação do serviço de gestão de resíduos urbanos.

Em termos de soluções de SIG para gestão de resíduos, mais propriamente de contentores e de circuitos de recolha e transporte, existentes no mercado, vários exemplos podem ser mencionados. A plataforma de SIG Web da Aquasis (© 2013), disponível no GEPC, permite visualizar informação relativa à localização e características de contentores, efetuar medições geométricas e visualizar simultaneamente informação relativa ao edificado ou alguns instrumentos de gestão territorial. A Soma – Sociedade de Montagem de Automóveis, S.A. disponibiliza ferramentas tecnológicas com capacidade para gerir frotas ou monitorizar contentores. Já a MOBA – Mobile Automation AG apresenta também soluções orientadas para diversas componentes de um sistema de resíduos urbanos, com a possibilidade de gerir e visualizar dados em ambiente SIG Desktop e SIG Web. Embora a maioria das empresas não anuncie os seus produtos como SIG, recorrem

frequentemente a informação espacial de base para cruzamento com dados espaciais da entidade gestora do sistema de resíduos urbanos.

Portanto, ainda que o mercado de *software* de gestão de resíduos urbanos e a maioria dos trabalhos académicos abordem, essencialmente, a otimização de circuitos, é importante considerar também a manipulação de informação relativa às restantes componentes do sistema de resíduos urbanos, como, por exemplo, contentores e respetiva localização e área de serviço. É a partir deste princípio que se pode avançar para a correta otimização, não apenas de circuitos, mas de todo o sistema de resíduos urbanos. Os SIG têm capacidade para tal, através do cruzamento de diversa informação de apoio à decisão, observando, por exemplo, a distribuição espacial do equipamento e a respetiva área de influência, face a características demográficas e ambientais de uso ou ocupação do território.

2.3. ... e os Serviços Intermunicipalizados de Águas e Resíduos dos Municípios de Loures e Odivelas

Considerando o contexto atual das TIC na Administração Autónoma em Portugal, nomeadamente a utilização de TIC nas Câmaras Municipais, é difícil pensar um sistema de gestão de resíduos urbanos, em que não se recorra a ferramentas digitais. É provável que na maioria dos serviços municipalizados portugueses não se dispense a utilização de TIC para gestão de documentos, de contentores, de frotas e de circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos. Os SIMAR são exemplo disso, dispondo atualmente de diversas plataformas digitais de gestão destas componentes.

Os pedidos ou reclamações, internos ou externos, remetidos para a DRU são geridos pelo seu apoio administrativo, que os regista e remete para os técnicos responsáveis pela(s) freguesia(s) a que se referem. Este processo é feito através da digitalização e carregamento na plataforma digital de gestão documental, a Webdoc, curiosamente gerida pela empresa AMBISIG (© 2014) - Ambiente e Sistemas de Informação Geográfica, S.A. O processo é, então, examinado e despachado e, após resolução, é produzido um novo quadro de equipamentos no terreno e os circuitos de

recolha são atualizados e fornecidos aos operacionais de recolha. Por fim, é enviada resposta ao município ou entidade a que o processo se refere e o mesmo é arquivado.

Todas as ações que envolvam a manipulação de contentores são processadas na plataforma ezWASTE, da Compta Emerging Business, S.A., que assenta na gestão de uma base de dados relativa aos contentores, à qual é possível aplicar uma série de *queries*, visualizando resultados sobre o serviço da Google Maps e Google Street View (©2014 Google). Basicamente, a ezWASTE funciona como um SIG, para *software* de navegação na Internet, que possibilita a gestão dos pontos de instalação, a gestão de clientes, a gestão de pedidos e a gestão de contratos. Todavia, para além do serviço de base da Google, a plataforma não possui dados externos ao GEPC nem informação decorrente de análise multidimensional, que pode evitar deslocações ao terreno, em determinadas situações.

A base de dados dos contentores contempla o referente código de identificação, a localização (latitude e longitude, município, freguesia, aglomerado, rua, número de polícia), o número de inventário, o modelo, o tipo de resíduos a que se destina, o código de identificação do local da instalação, o número de contrato, o circuito de recolha de resíduos a que pertence e a ordem pela qual é efetuada. Na plataforma ezWASTE é possível proceder à atribuição ou à movimentação de contentores, sendo que os circuitos devem ser atualizados sempre que se verifiquem alterações no equipamento distribuído pelo território. Normalmente, os técnicos do GEPC recorrem também à plataforma para visualização e georreferenciação de contentores, medição geométrica e comparação com variáveis como o edificado e o comércio local, visíveis ao nível da rua. Embora com uma atualização relativa, estas ações evitam algum trabalho de campo e auxiliam no momento de tomada de decisão.

Comprova-se, de facto, que a utilização de TIC e SIG nos SIMAR, em particular no GEPC, assume um padrão similar ao das Câmaras Municipais portuguesas, assentando no acesso à Internet, que disponibiliza serviços de comunicação interna ou externa e formulários. Os SIG ou mapas interativos e as bases de dados estão também presentes internamente, em particular para o GEPC, neste caso, através da plataforma ezWASTE. Contudo, há alguns aspetos que podem ser potenciados com a exploração de mais dados geográficos e de diversas ferramentas e vertentes de SIG.

3. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA GESTÃO DE RESÍDUOS URBANOS

Considerando a temática abordada no capítulo anterior, debatem-se, seguidamente, um possível modelo conceptual e um possível modelo metodológico assente em TIC e em SIG, para gestão do sistema de resíduos urbanos, em particular, dos equipamentos de deposição e circuitos de recolha e transporte.

3.1. Conceitos

De um modo geral, reconhece-se que a inclusão de TIC na estrutura orgânica e material da Administração Pública é um meio de promoção da qualidade dos seus serviços. Considerando que a implementação de TIC é um processo em constante evolução e que deve abranger o máximo de áreas de intervenção, a Administração Pública dispõe de grupos de trabalho e agências orientadas, precisamente, para a promoção e racionalização de TIC, criando legislação aplicável nesta área⁴.

Do mesmo modo, verifica-se a divulgação de informação e adesão a *software* de código aberto e/ou livre, numa conjuntura de modernização da Administração Pública e de otimização de recursos tecnológicos, financeiros e humanos, sem colocar em causa a disponibilização de informação de forma célere, eficiente, padronizada, abrangente e atualizada. Desta forma, a Administração Pública pode criar abertura às bases de dados, em formatos preferencialmente não proprietários, e aos serviços que utiliza e produz, promovendo, simultaneamente, iniciativas privadas de desenvolvimento de aplicações tecnológicas. Exemplos práticos destas questões são os portais *online* governamentais para divulgação de bases de dados, como o INE, o portal IGeo, o Sistema Nacional de Informação Geográfica ou o Sistema Nacional de Informação de Ambiente⁵, e difusão de *software* de código aberto, livre e/ou gratuito, como é o caso do *software* livre na Administração Pública ou o *software* público⁶.

⁴ Veja-se: UMIC – Agência para a Sociedade do Conhecimento, IP; Agência para a Modernização Administrativa, I.P.; Entidade de Serviços Partilhados da Administração Pública, I. P..

⁵ Veja-se, respetivamente: <http://www.ine.pt/>; <http://www.igeo.pt/>; <http://snig.igeo.pt/portal/>; <http://sniamb.apambiente.pt/webatlas/>.

⁶ Veja-se, respetivamente: <http://www.softwarelivre.gov.pt/>; <http://www.softwarepublico.gov.pt/inicio>.

Entende-se que, quer as bases de dados, quer o *software*, caminham no sentido da gratuidade e da abrangência do maior número de utilizadores possível, numa conjuntura de racionalização de custos na Administração Pública. Como a quase totalidade da informação possui uma variável espacial, é possível geri-la em ambiente de SIG. De igual modo, os SIG evoluíram consideravelmente em termos de *software* de código aberto, de *software* livre e de *software* gratuito, existindo atualmente numerosas ferramentas, como se verifica nos portais *online* referidos anteriormente.

No que refere à utilização de SIG no campo da gestão do sistema de resíduos urbanos, em contexto municipal, pode refletir-se sobre vários aspetos.

Embora seja um tema subjetivo e, na prática, de difícil alcance pleno, é mais comum invocar ferramentas de SIG para a gestão de frotas e otimização de circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos, uma vez que se trata de um tema com presença significativa no mercado tecnológico e no meio académico. No que respeita à implementação de SIG para gestão de contentores e da recolha e transporte de resíduos urbanos, partindo do caso particular da DRU, encontram-se plataformas *online* proprietárias. Contudo, estas plataformas nem sempre possibilitam ou facilitam o cruzamento com informação de fontes externas, nem o acesso a ferramentas de geoprocessamento. Os SIG detêm capacidade para responder a estas questões, dado o seu potencial de manipulação de informação espacial, sendo possível extrapolar ou modelar decisões com base em dados e processos que não apenas os internos.

Para além da integração de informação em suporte digital, as TIC permitem também a criação de pontes de comunicação interna e externa, nas entidades responsáveis pela gestão de resíduos urbanos. Nos SIMAR, como na maioria das entidades públicas ou privadas que empregam TIC, a gestão dos seus conteúdos informativos é efetuada em contextos digitais, através da comunicação, da partilha, do consumo de informação e da produção de conhecimento em rede, por diversos utilizadores simultâneos.

Atualmente, também os SIG caminham para um domínio cada vez mais *online*, existindo igual possibilidade de gerir informação geográfica numa vertente de rede digital, nomeadamente através da publicação de Serviços de Mapas Web e do desenvolvimento de aplicações de mapas Web. Estes serviços e aplicações são

desenvolvidos de acordo com o modelo computacional de servidor-cliente, com informação atualizada, considerando que são vários os técnicos que a podem consumir e modificar e que esta pode ser acedida em diversos locais. Ambos assentam igualmente no propósito de acesso a resultados criados a partir de SIG, mas num ambiente mais simples, leve e intuitivo para o utilizador comum, através da Web, embora com algumas funcionalidades típicas de *software desktop*.

Assim, as ideias apresentadas anteriormente devem ser incorporadas no modelo metodológico de desenvolvimento de aplicações de SIG Web para auxílio à gestão de contentores e de circuitos de recolha e transporte resíduos urbanos, no GEPC. Por um lado, os SIG devem ser empregues com base na livre circulação de *software*, o que, no caso deste projeto, remete para a utilização de *software*, servidores de dados e de mapas e clientes Web gratuitos, que permitam a integração, manipulação e publicação de informação geográfica de interesse para o GEPC. Por outro lado, devem servir um conjunto de técnicos, no caso, do GEPC, que podem não possuir conhecimentos aprofundados de SIG Desktop, mas que necessitam de consumir e manipular dados externos e internos dinâmicos e, simultaneamente, produzir informação, num sentido multidirecional de monitorização.

3.2. Metodologias

Considerando o modelo conceptual anteriormente debatido, apresenta-se, seguidamente, o modelo metodológico que, na perspetiva prática do presente Trabalho de Projeto, conduziu o desenvolvimento de aplicações de SIG Web para auxílio na gestão de contentores e de circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos, considerando a missão dos SIMAR e o seu território de intervenção. No geral, seguiu-se um paradigma de investigação crítico, que partiu da observação e interpretação da realidade do GEPC, incorporadas na criação do modelo metodológico das referidas aplicações, que poderiam transformar ou, pelo menos, apoiar o fluxo das atividades aí desenvolvidas.

Na perspetiva teórica, seguiram-se metodologias de recolha de informação indireta, baseadas em legislação, trabalhos académicos e artigos científicos. Obteve-se,

então, um enquadramento legal da gestão de resíduos urbanos, na ótica de um serviço municipalizado, e um referencial de integração de SIG para gestão de contentores e de circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos. Por meio de contacto com os SIMAR, foi possível seguir também metodologias de recolha de informação direta, que permitiram: por um lado, auscultar alguns dos técnicos do GEPC e observar ocorrências por eles geridas, quer no terreno, quer em gabinete, acompanhando os fluxos de gestão de equipamentos e o modo como a plataforma ezWASTE é empregue para tal; por outro lado, avaliar os meios tecnológicos do GEPC, bem como os dados internos e externos que integram e o alcance das suas funções de geoprocessamento.

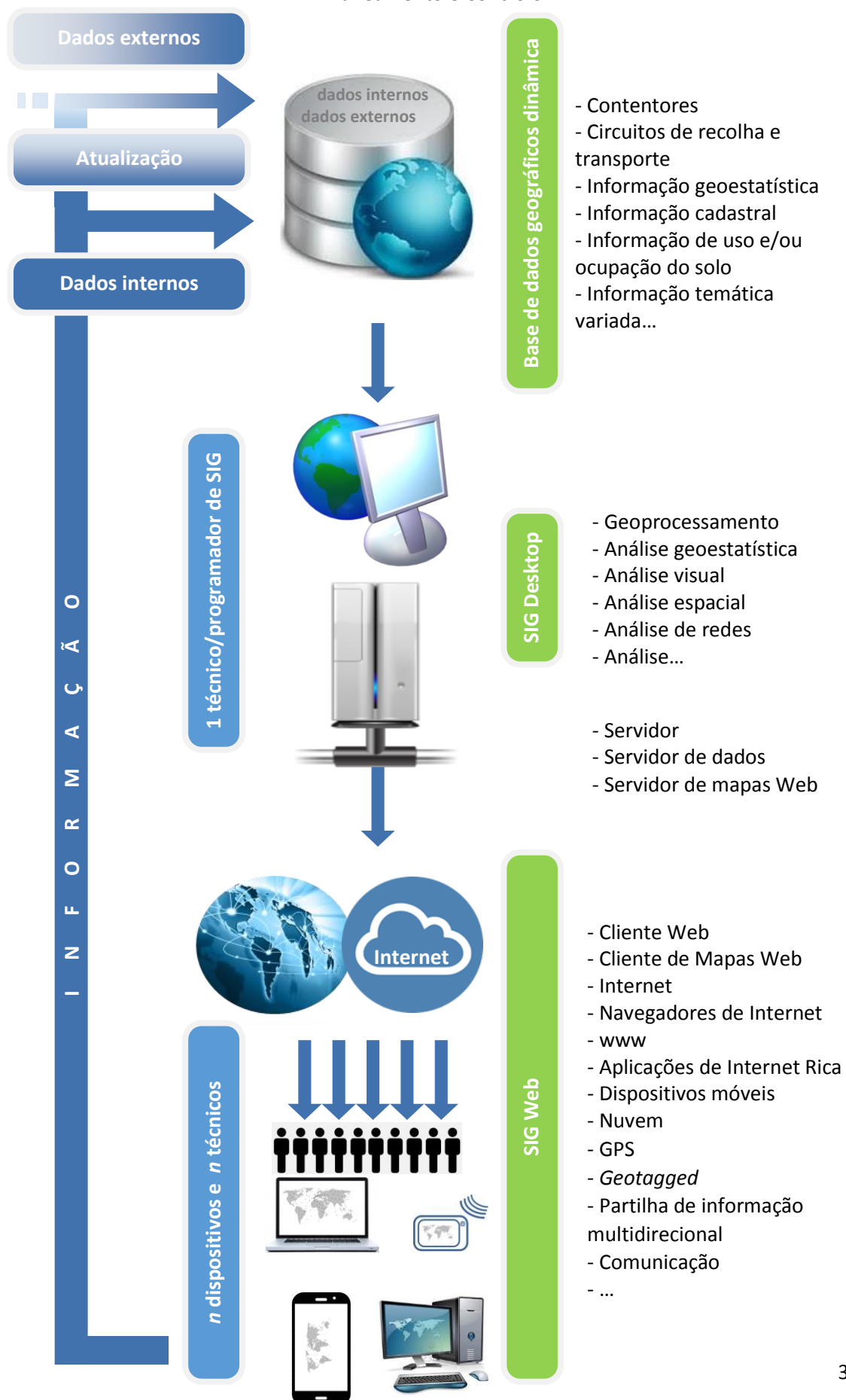
Embora realizado em contexto académico, o desenvolvimento de aplicações de SIG Web para gestão de contentores e de circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos seguiu uma abordagem metodológica que simula uma possível ação/intervenção no sistema tecnológico do GEPC. Com o conhecimento adquirido com a recolha de informação e considerando o modelo conceptual da temática, construiu-se o modelo metodológico referente ao desenvolvimento prático dessas aplicações, que pode ser adaptado a diversos objetivos de integração de SIG para a gestão de fenómenos e elementos territoriais (Figura 11).

Assim, seguidamente: revelam-se os procedimentos de aquisição e integração de dados que se considerou que poderiam acrescentar conhecimento à missão de um serviço municipalizado; expõe-se o tipo de análises efetuadas e os resultados esperados a partir das mesmas; demonstra-se como se construíram as aplicações SIG Web, explorando o alcance de *software desktop* e de servidor de código aberto, livre e gratuito, seguindo os princípios anteriormente debatidos e a possibilidade de fornecer, sem qualquer recurso financeiro, informação geográfica de suporte à missão do GEPC.

Resta referir que a seleção do *software*, do servidor de mapas Web e do Cliente Web baseou-se na adequabilidade e potencialidade dos respetivos resultados aos objetivos pretendidos, avaliadas mediante o teste de vários *software*, servidores de mapas Web e Clientes Web, livres e gratuitos, através da plataforma OSGeo Live⁷. Efetuou-se, posteriormente, uma capacitação ao nível da manipulação dos *software* selecionados, com todo o desenvolvimento de *desktop* e Web assente em Linux.

⁷ <http://live.osgeo.org/en/index.html>

Figura 11. Fluxograma de desenvolvimento de aplicações de Sistemas de Informação Geográfica Web para gestão do sistema de resíduos urbanos, no Gabinete de Estudos, Planeamento e Controlo



3.2.1. Base de dados geográficos

A informação refere-se, no geral, ao resultado de operações que têm como objetivo conhecer as componentes internas e externas de um sistema, compostas por dados materiais e imateriais de interesse e de suporte. Na ótica da criação de uma ferramenta de informação para o GEPC, a aquisição e integração desses dados correspondem à primeira etapa do desenvolvimento aplicativo baseado em SIG (Figura 11), sendo uma fase determinante, não só do tipo de informação que se pretende obter, mas também da qualidade e características do conhecimento a alcançar. No presente Trabalho de Projeto, a identificação dos dados a adquirir e integrar nas aplicações de SIG Web para gestão de contentores e de circuitos para a recolha e transporte de resíduos urbanos, dependeu, inteiramente, de metodologias de recolha direta e indireta de informação.

Em primeira instância, selecionaram-se dados intrínsecos à DRU, no caso, referentes a equipamentos de deposição de resíduos urbanos disponíveis no terreno e a circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos. O GEPC possui a georreferenciação de todos os equipamentos de deposição de resíduos urbanos disponíveis no terreno e de alguns circuitos de recolha e transporte efetuados, com exceção de contentores com recolha porta-a-porta e respeitantes circuitos. Como foi possível constatar através do contacto direto com o GEPC, esta informação interna está dependente da interação com informação externa, a partir da qual sofre influência. Portanto, em segunda instância, selecionou-se um conjunto de dados extrínsecos à DRU, representativos de fatores que podem influenciar as componentes do seu sistema de resíduos urbanos e que complementam e acrescentam valor aos seus dados internos, relacionando-os. Os dados externos foram adquiridos em portais de Internet governamentais e não-governamentais, de acordo com os critérios de livre acesso, disponibilidade e gratuidade anteriormente mencionados, referindo-se, essencialmente, a dados ambientais, demográficos, de infraestruturas, de equipamentos, de uso ou ocupação do solo ou de planeamento territorial.

Após a aquisição dos dados internos e externos, estes foram integrados na base de dados geográficos, agrupando-se, resumidamente, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Base de dados geográficos utilizada na construção de aplicações de Sistemas de Informação Geográfica Web para gestão do sistema de resíduos urbanos, no Gabinete de Estudos, Planeamento e Controlo

BASE DE DADOS GEOGRÁFICOS			
Grupo de dados geográficos de Loures e de Odivelas	Número de elementos	Formato(s) e tipo(s) de ficheiros	Fonte(s)
Georreferenciação de equipamentos de deposição de resíduos urbanos (para embalagens, indiferenciados, orgânicos, papel ou vidro) excluindo equipamentos em regime de recolha porta-a-porta	14916 (1952, 8242, 1282, 1928, 1512) ⁸	Pontual, Comma Separated Values (.csv), convertido para Shapefile (.shp)	GEPC
Circuitos de recolha de resíduos estabelecidos pelo GEPC	120	Linear, .csv, convertido para .shp	GEPC
CAOP de 2012 (limites administrativos ao nível da freguesia e do município)	25 freguesias, 2 municípios	Poligonal, .shp	DGT ⁹
Base Geográfica de Referência de Informação (BGRI) de 2011 (dados censitários e limites estatísticos ao nível da subsecção estatística, da freguesia e do município)	4300 subsecções estatísticas	Poligonal, .csv e .shp	INE ¹⁰
Altimetria, áreas naturais, escoamento, hidrografia, insolação, pauis, recursos aquíferos subterrâneos, temperatura, zonas inundáveis;	n	Linear, poligonal ou pontual, .shp	Agência Portuguesa do Ambiente ¹¹ e Open Street Map (OSM) ¹²
Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental (COS) de 2007 (nível 1 e nível 2), Reserva Agrícola Nacional (RAN), Reserva Ecológica Nacional (REN)	n	Linear, poligonal ou pontual, .shp	Agência Portuguesa do Ambiente
Rede Viária, Edifícios, Pontos de Interesse, Uso do Solo	n	Linear, poligonal ou pontual, .shp	OSM
Plano Diretor Municipal (PDM) de Loures	n	Poligonal, Web Feature Service (WMS)	CML
Ortofotos Digitais	n	Imagem, WMS	DGT e Autoridade Florestal Nacional ¹³

⁸ Os contentores integrados na base de dados geográficos excluem eventuais contentores não georreferenciados pelo GEPC e contentores de recolha porta-a-porta;

⁹

http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/cartografia/carta_administrativa_oficial_de_portugal_caop/caop_em_vigor/

¹⁰ <http://mapas.ine.pt/download/index2011.phtml>

¹¹ <http://sniamb.apambiente.pt/atlas/>

¹² <http://www.openstreetmap.org>

¹³ <http://www.igeo.pt/DadosAbertos/Listagem.aspx>

A integração dos dados deu-se em PostgreSQL 9.3., de código aberto, livre e gratuito, em servidor local Linux virtualizado, a partir do qual se consumiram dados, através da extensão PostGIS, permitindo simular aquilo que seria uma situação real de computação de informação, no caso, geográfica. Nestes parâmetros, sendo uma base de dados dinâmica, é possível a manipulação por vários utilizadores e a contínua atualização de informação, num contexto de trabalho em rede digital.

Os dados geográficos acima apresentados encontravam-se dentro do mesmo sistema de coordenadas projetado, o Sistema de Referência Terrestre Europeu 1989, com parâmetros de projeção Transversa de Mercator, para Portugal Continental definidos em 2006 (European Petroleum Survey Group (EPSG): 3763, ETRS89/PT-TM06), com exceção para o sistema de coordenadas geográficas dos Serviços de Mapas Web, o Sistema Geodésico Mundial de 1984 (EPSG: 4326 - WGS 84).

3.2.2. Sistemas de Informação Geográfica Desktop

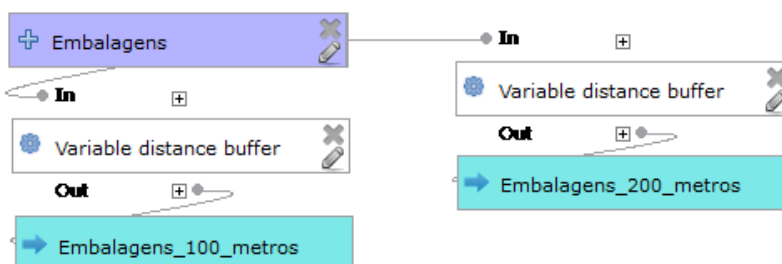
Constituída a base de dados geográficos, foi possível realizar um conjunto de operações de processamento digital dos mesmos, recorrendo a *software* de SIG Desktop (Figura 11) de código aberto, livre e gratuito, no caso, o Quantum GIS (QGIS) 2.6.1 – Brighton. Dada a qualidade geográfica dos dados, aplicaram-se metodologias de geoprocessamento, que permitiram, por exemplo, visualizar, analisar, manipular, transformar, filtrar e/ou modelar os referidos dados. Simultaneamente, produzem-se novos dados de interesse, acrescentando valor aos dados internos e externos ao GEPC, através de métodos vários, como por exemplo:

- Análise espacial, que permitiu o cálculo das áreas de influência dos contentores relativamente aos seus utilizadores, de acordo com o n.º 4 e 5, do Artigo 59.º, do Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de Agosto, tendo como área mínima de análise a subsecção estatística;
- Análise espacial, que permitiu o cálculo de distâncias relativas entre contentores e entre contentores destinados a diferentes tipos de resíduos;

- Análise espacial, que permitiu a computação do Modelo Digital de Terreno, do declive, do ensombramento e da exposição, a partir dos dados da altimetria;
- Análise de redes, que possibilitou o cálculo dos circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos pré-estabelecidos pelo GEPC, tendo como base a rede viária;
- Análise de redes, que proporcionou o cálculo das áreas de influência dos contentores relativamente aos seus utilizadores, mas considerando a rede viária e tendo como área mínima de análise a subsecção estatística;
- Análise geoestatística, que serviu para: cruzamento entre os dados referentes aos contentores e os dados relativos aos limites administrativos do território das freguesias pelas quais se distribuem, para o cálculo do número de contentores e respetiva densidade por freguesia; cruzamento com os dados censitários da BGRI, para conhecimento demográfico, económico e de edificado das subsecções estatísticas afetas a determinado(s) contentor(es).

Todo o geoprocessamento foi desenvolvido, sempre que possível, através da ferramenta Graphical Modeler do QGIS (Figura 12), a fim de agilizar eventuais atualizações de informação ou alterações aos métodos e/ou técnicas empregues.

Figura 12. Exemplo de geoprocessamento desenvolvido em Graphical Modeler do QGIS



Ainda num contexto de SIG Desktop, os dados internos e externos e resultados decorrentes dos métodos de geoprocessamento empregues foram publicados como Serviços de Mapas Web, no formato WMS, a partir de servidor de mapas Web, no caso, o QGIS Server, ficando disponíveis para consumo em Cliente Web. Com o intuito de exemplificar o potencial de acesso aos atributos dos dados via Internet, publicaram-

se também Serviços de Características Web, no formato Web Feature Service (WFS). Dado o contexto académico em que o presente Trabalho de Projeto foi desenvolvido, os serviços foram publicados num servidor local e para um cliente local (*localhost*).

Do ponto de vista dos resultados, os métodos anteriormente referidos são, provavelmente, os mais aprofundados e exigentes em termos de conhecimento de *software* de SIG, não dispensando o recurso, a pelo menos, um técnico ou programador especializado.

3.2.3. Sistemas de Informação Geográfica Web

Os serviços de mapas anteriormente referidos podem comunicar com Clientes Web, no caso, Clientes de Mapas Web (Web Map Clients, em inglês), que os consomem, geralmente, através de um *software* de navegação na Internet (Web Browser, em inglês). Os Clientes de Mapas Web combinam a agilidade e a baixa exigência técnica de utilização e distribuição, típicas da arquitetura Web, mas com o potencial de interface, interatividade e interoperabilidade de *software desktop*. Enquadram-se, portanto, nas Aplicações de Internet Rica (Rich Internet Applications, em inglês), assentes no princípio informático “o que vê é o que obtém” (“What-you-see-is-what-you-get”, em inglês).

De um modo geral, os Clientes de Mapas Web são estruturas capazes de consumir dados geográficos, em variados formatos e provenientes de um ou mais servidores, num ambiente de SIG Web, de acordo com o princípio de cliente-servidor. O resultado são aplicações com funções semelhantes às de *software* de SIG Desktop, acessíveis a um utilizador comum, sem que este possua conhecimentos aprofundados de SIG ou necessite de instalação e licenciamento de *software* de SIG.

Portanto, o Cliente de Mapas Web foi a solução encontrada para a divulgação de resultados, podendo fornecer aos técnicos do GEPC aquela que seria uma plataforma aproximada à ezWASTE, mas com a introdução do conhecimento interno e externo, proveniente de SIG Desktop, e de mais alguns instrumentos de pesquisa, análise e partilha de informação, em SIG Web (Figura 11). Para tal, recorreu-se ao Cliente Web LizMap 2.9., destinado à publicação de projetos QGIS, como Serviço de

Mapas Web, através de QGIS Server. O QGIS dispõe de uma extensão que agiliza e simplifica o processo de publicação, sincronizando-a diretamente com o servidor e cliente em causa, onde é possível a visualização de serviços de mapas e seus atributos, com um *layout* do mapa próximo ao do criado em QGIS. O LizMap é instalado em determinada diretoria do servidor onde assenta, sendo possível explorar ficheiros que aí possam ser armazenados e distribuídos. O Cliente organiza as aplicações de SIG Web, com base em projetos QGIS (ficheiros .qgs), organizados por repositórios, com acesso a determinados dados e de acordo com as permissões pretendidas.

Assim, o LizMap possibilita o consumo de informação em rede, por um conjunto diversificado de técnicos, em vários dispositivos, com possibilidade de utilização simultânea, podendo ser empregue nos fluxos de trabalho do GEPC.

3.2.4. Informação

A utilização das aplicações de SIG Web fornecem nova informação ao GEPC, que, quando incorporada nas suas operações, permite mais e melhor conhecimento das componentes do seu sistema e do modo como estas interagem entre si e com o território em que se inserem. Esse conhecimento pode ser incorporado nas aplicações (Figura 11), atualizando, de modo cíclico, a informação de interesse com que o GEPC monitoriza contentores e circuitos, adequando as decisões que toma à realidade do território.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO



No presente capítulo apresentam-se as aplicações de SIG Web para gestão de contentores e de circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos desenvolvidas, de acordo com os conceitos e metodologias apresentados anteriormente. Simultaneamente, serão realizados alguns comentários quanto ao motivo pelo qual se desenvolveu determinada aplicação, às suas funções e à sua possível utilidade para o GEPC, no contexto da sua missão e das atividades que desenvolve.

4.1. Back office e funcionalidades

Como referido anteriormente, o LizMap permite a exploração da diretoria onde é instalado, com acesso a um índice com ficheiros e pastas, que são partilhados por servidor, através de Web Browser, num quadro de *back office* (Figura 13).

Figura 13. Índice do LizMap

Index of /lm

<u>Name</u>	<u>Last modified</u>	<u>Size</u>	<u>Description</u>
 Parent Directory		-	
 changelog-en.txt	03-Apr-2014 13:41	13K	
 changelog-fr.txt	03-Apr-2014 13:41	16K	
 icon.png	03-Apr-2014 13:41	1.5K	
 lib/	16-Oct-2014 15:44	-	
 license.txt	03-Apr-2014 13:41	16K	
 lizmap/	08-Jan-2015 16:49	-	
 localize.txt	03-Apr-2014 13:41	632	
 temp/	16-Oct-2014 15:44	-	

No GEPC são utilizados diversos documentos e bases de dados relacionados com a gestão de contentores e circuitos, administrados em diferentes *software*, por utilizadores individuais, com partilha e disponibilização por rede digital. A sua circulação e até integração nas aplicações é possível, recorrendo ao índice do LizMap, que cria endereços de acesso. Todos os documentos e bases de dados relativos à

gestão de contentores e circuitos estariam, assim, organizados dentro das aplicações de apoio a essa mesma gestão.

No que respeita à aplicação LizMap em concreto, também esta possui um *back office*, no caso, orientado para a gestão dos conteúdos aplicativos de mapas Web. Aí administram-se diretorias, repositórios, títulos e informações adicionais de projetos de QGIS publicados, bem como utilizadores e credenciais de acesso. Do ponto de vista do utilizador, esse *back office* traduz-se na compilação de todos os projetos a que tem acesso, organizados por repositórios. Como se observa na Figura 14, o publicador pode disponibilizar informação sobre os projetos em determinado repositório ou endereços eletrónicos de documentos, que podem estar armazenados em servidor interno ou externo.

Figura 14. Exemplo de repositório de projetos, em LizMap

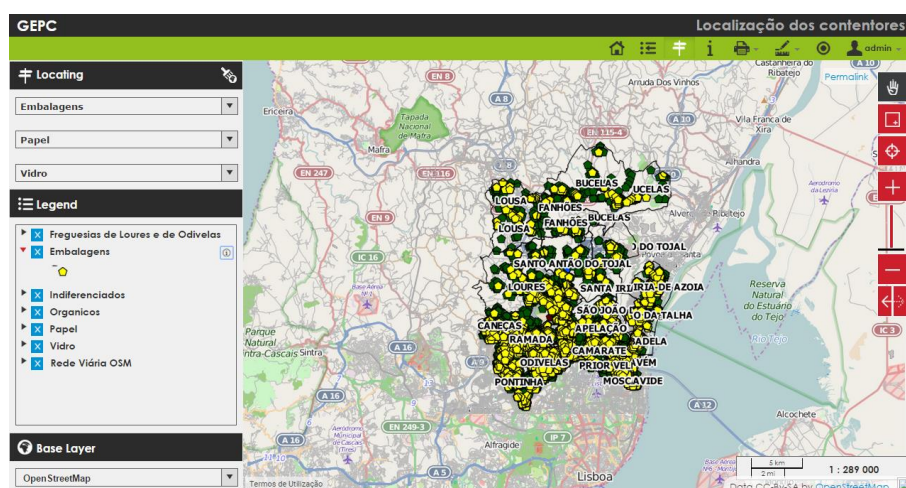


Os repositórios, organizados tematicamente, contêm projetos com dados referentes a contentores, por tipo de resíduo a que se destinam, ou com circuitos de recolha e transporte desses resíduos e de diversos dados externos. O utilizador pode, então, visualizar metadados dos projetos ou carregar esses mesmos projetos, ou seja, carregar aplicações de SIG Web. No geral, todas as aplicações possuem um *front-end* gráfico semelhante, com ferramentas e módulos de extensão que importam destacar, atentando para a relevância da sua utilização no quadro das atividades do GEPC.

4.2. Localização dos contentores

Seguidamente demonstra-se uma das aplicações de SIG Web desenvolvidas, que remete para a localização dos contentores (Figura 15). Esta aplicação assume um *layout* similar ao das restantes aplicações geradas e disponibiliza a maioria das ferramentas e módulos de extensão possíveis de empregar com LizMap, com as configurações originais, sendo referidos somente no presente subcapítulo.

Figura 15. Aplicação de Sistemas de Informação Geográfica Web, desenvolvida com LizMap



A aplicação ilustrada na Figura 15 disponibiliza informação relativa à localização dos contentores e à rede viária, bem como aos limites territoriais das freguesias de Loures e de Odivelas, segundo a CAOP de 2012, dado que o GEPC distribui as funções pelos técnicos de acordo com os limites territoriais anteriores à Reforma Administrativa do Território das Freguesias.

Como em todas as aplicações que seguidamente se apresentam, os dados relativos à localização dos contentores encontram-se desagregados e representados de acordo com o tipo de resíduos urbanos a que se destinam: embalagens, indiferenciados, orgânicos, papel ou vidro. É possível visualizar as camadas operacionais, ativá-las ou desativá-las e visualizar a sua legenda, onde pode ser adicionado um endereço com ligação a informação da camada em questão. É também possível seleccionar um conjunto de camadas de base, não operacionais, que são publicadas pelo utilizador, no caso, referentes aos ortofotos digitais (Tabela 1), ou

utilizando Serviços de Mapas Web sugeridos pelo LizMap, no caso, Google Maps, Google Earth e OSM.

O LizMap, pelo facto de ser uma Aplicação de Internet Rica, está desenhado para ser integrado em *software* de navegação na Internet, pelo que está acessível em diversos dispositivos, móveis ou fixos, com diferentes sistemas operativos, desde que possuam esse *software* de navegação. Logo, todas as aplicações de SIG Web criadas com LizMap poderiam estar disponíveis na maioria dos dispositivos dos SIMAR, sejam eles servidores, computadores pessoais, fixos ou portáteis, ou dispositivos móveis, como *smartphones*, *tablets* ou sistemas de navegação por GPS. Na prática, o LizMap, todo o seu *back office*, repositórios e aplicações de SIG Web estão acessíveis a partir de qualquer local e dispositivo com acesso à Internet, auxiliando o trabalho de campo, quer das equipas de transporte e recolha de resíduos urbanos, quer dos próprios técnicos do GEPC que necessitam de avaliar cenários e de tomar decisões localmente e em gabinete.

Com LizMap é possível verificar informação relativa à aplicação, como o sistema de coordenadas e a extensão do mapa do projeto de QGIS publicado (Figura 16). Na descrição do projeto de QGIS, o técnico de SIG pode partilhar diversa informação, como recursos *online* relativos a metainformação, a documentos ou a bases de dados. No caso do GEPC, a partilha da base de dados relativa aos contentores, em constante atualização, é fundamental para a ação “em tempo real”. De igual modo, a partilha de relatórios, que remetam para o conteúdo informativo da própria aplicação ou para processos de decisão que estejam em curso e que necessitem de documentação de suporte, contribui para a atuação do GEPC, num contexto de trabalho de campo em rede.

Figura 16. Informação relativa a determinada aplicação



As aplicações de LizMap permitem que se efetue uma pesquisa pela localização de elementos de até três das camadas disponíveis em cada aplicação, com base em determinado campo das suas tabelas de atributos, efetuando *zoom* automático para o objeto pretendido (Figura 17). Na aplicação da Figura 15, é possível localizar contentores destinados a embalagens, papel ou vidro, pelo código de identificação do local de instalação (Figura 17), código de maior utilidade para o GEPC, dado que a maioria das decisões é tomada com base na envolvimento do local e, em geral, a instalação sofre poucas modificações, alterando-se apenas o tipo de equipamento, o tipo de resíduo a que se destina ou a capacidade de deposição. De igual modo, é possível identificar determinado objeto de uma camada que o utilizador visualize, numa janela *pop-up*, obtendo toda a informação disponível na tabela de atributos referente ao mesmo (Figura 18). Na plataforma ezWASTE, o processo de localização é feito em *back office*, de forma não tão intuitiva, através de pesquisas e seleções que são projetadas, posteriormente, em mapas Web.

Figura 17. Exemplo de pesquisa de elemento da camada de contentores para embalagens

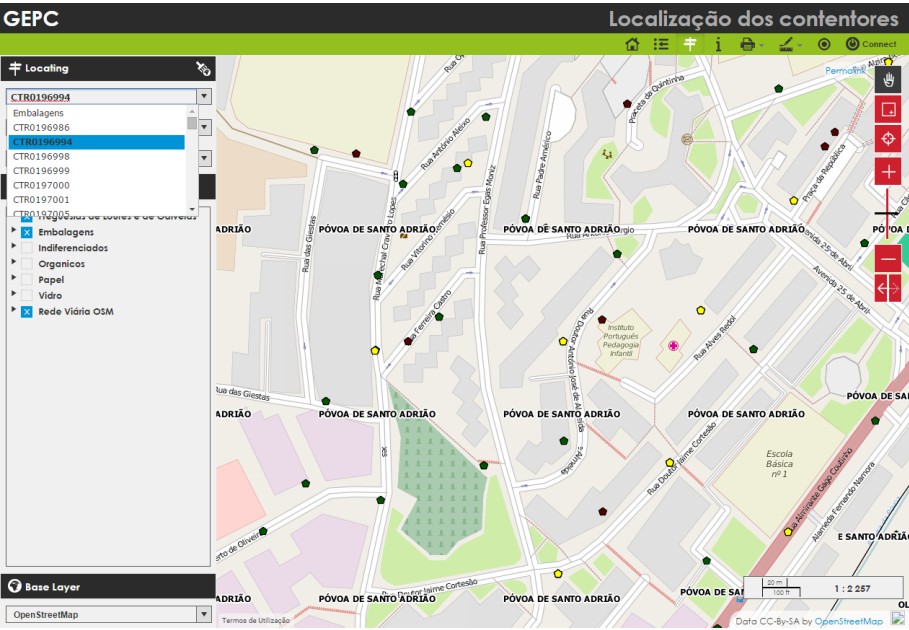
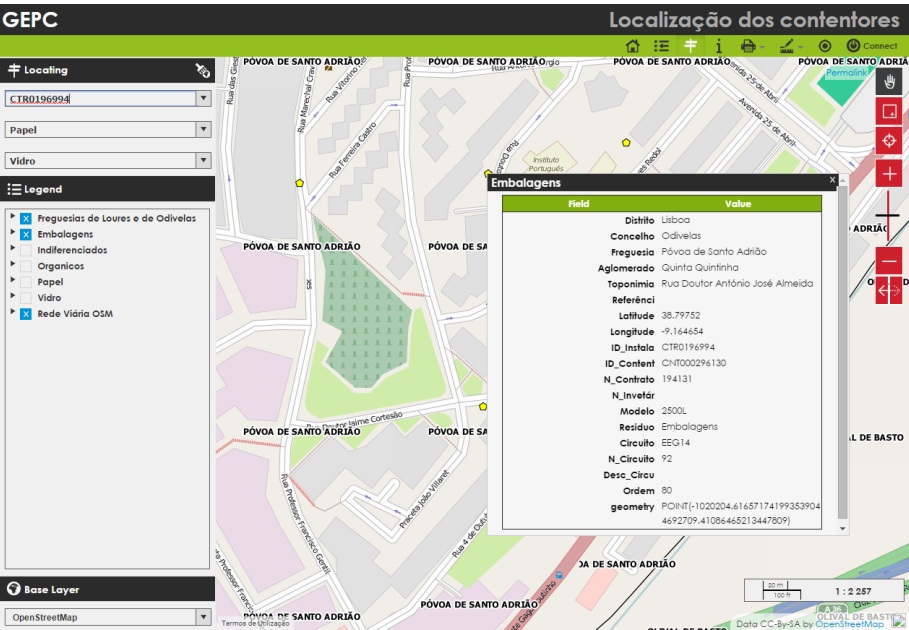


Figura 18. Exemplo de *pop-up* de um elemento da camada de contentores para embalagens

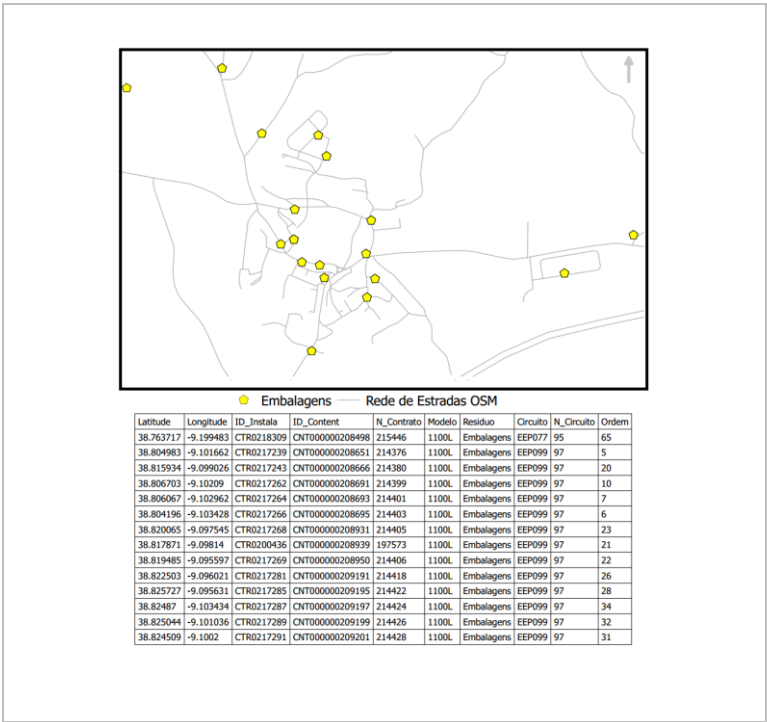


As aplicações detêm uma ferramenta de medição que permite obter o comprimento, a área ou o perímetro de determinada linha ou polígono desenhado sobre o mapa. Esta é uma das ferramentas mais úteis para o GEPC, dada a necessidade de obter medições relativas, particularmente para avaliação: da distância entre um local ou um ponto de instalação e um local referente a um pedido por parte de um município ou de uma entidade; da área de influência de um contentor, nomeadamente

através da medição da distância entre o mesmo e uma dada localização; da distância relativa entre contentores; de segmentos da rede viária, particularmente para estimar circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos, a pequena escala.

As aplicações integram, de igual modo, uma extensão de impressão, baseada no compositor de mapas do QGIS (Figura 19). A impressão de mapas pode ser utilizada na fundamentação de operações do GEPC, em relatórios ou anexos, como meio de suporte a trabalho de campo ou como forma de auxiliar o planeamento e a execução de circuitos de veículos de recolha e transporte de resíduos urbanos. Embora o LizMap não permita, ainda, o acesso à tabela de atributos das camadas Web por ele publicadas, através da impressão é possível ter acesso à mesma, para o conjunto de objetos visíveis na extensão do mapa da aplicação. Ou seja, embora seja uma solução que funciona a pequena escala, esta é também uma forma de obter acesso à tabela de atributos, sendo possível criar compositores em QGIS destinados à exportação da tabela de atributos dos dados em LizMap.

Figura 19. Exemplo de impressão em LizMap



Para efeitos de partilha de informação proveniente das aplicações, é possível, criar um endereço de ligação permanente, contendo a visualização para uma área em particular, com camadas particulares do mapa. A partilha de informação de apoio à decisão de forma simples, célere e eficaz é decisiva para o GEPC. Por vezes, há a necessidade de partilhar informação entre técnicos que se encontram em gabinete e técnicos ou operadores que se encontram no terreno, sendo que o recurso a esse endereço permanente agiliza essa conduta.

A disponibilidade de informação em trabalho de campo é complementada com a ferramenta de geolocalização, que permite que o *software* de navegação na Internet tenha acesso à localização do dispositivo em utilização, via GPS. Portanto, em termos práticos, o utilizador sabe o seu posicionamento no terreno, conseguindo comparar a realidade com a informação proveniente das aplicações de SIG Web, no caso de ter que deliberar sobre um plano de ação.

A aplicação apresentada na Figura 15 é a que mais se aproxima à componente de SIG Web da plataforma ezWASTE utilizada no GEPC, que permite somente a visualização de contentores sobre um mapa de base e que disponibiliza apenas a ferramenta de medição. Contudo, visto que os dados são servidos por PostGIS, o LizMap permite efetuar edições *online* dos mesmos, diretamente na componente de SIG Web, sem que seja necessário recorrer à edição na base de dados, em *back office*, como acontece na ezWASTE. Assim, admitir-se-ia que o GEPC processasse edições, adições ou eliminações de contentores ou de circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos, na aplicação, sem necessidade de gestão de bases de dados em *back office*. Em termos práticos, seria também possível referenciar contentores em gabinete ou localmente, com as equipas de recolha e transporte, sem investimentos elevados em recursos tecnológicos e humanos, por exemplo para georreferenciação dos contentores de recolha porta-a-porta em falta. Já numa perspetiva de comunicação externa com clientes ou utentes dos SIMAR, a possibilidade de edição *online* permitiria também a criação de uma aplicação de ocorrências, fazendo com que os mesmos apresentassem pedidos ou reclamações digitalmente, aspeto que poderia potenciar e agilizar o seu fluxo de trabalho, orientando imediatamente as decisões para a situação local.

Nos próximos subcapítulos, são apresentadas diversas aplicações, que serão discutidas, não apresentando novamente as ferramentas e extensões disponíveis, mas ponderando a utilidade da informação que possuem, no quadro da missão do GEPC.

4.3. Contentores e circuitos

O GEPC efetua a recolha e o transporte de resíduos urbanos de acordo com circuitos planeados em gabinete, organizados pela ordem de visita aos contentores, patenteada em tabelas, que são entregues, diariamente, às equipas de transporte e recolha. Embora os veículos e seus operadores não disponham de circulação assistida por navegação por GPS nem de dispositivos de identificação por radiofrequência, o GEPC detém a georreferenciação de alguns dos circuitos realizados, quando dispunha de tais equipamentos. É fundamental, por isso, que os SIMAR disponham de meios tecnológicos para produzir e partilhar a informação relativa aos circuitos de recolha e transporte, de modo a operacionalizar, de forma mais eficiente, essa ação.

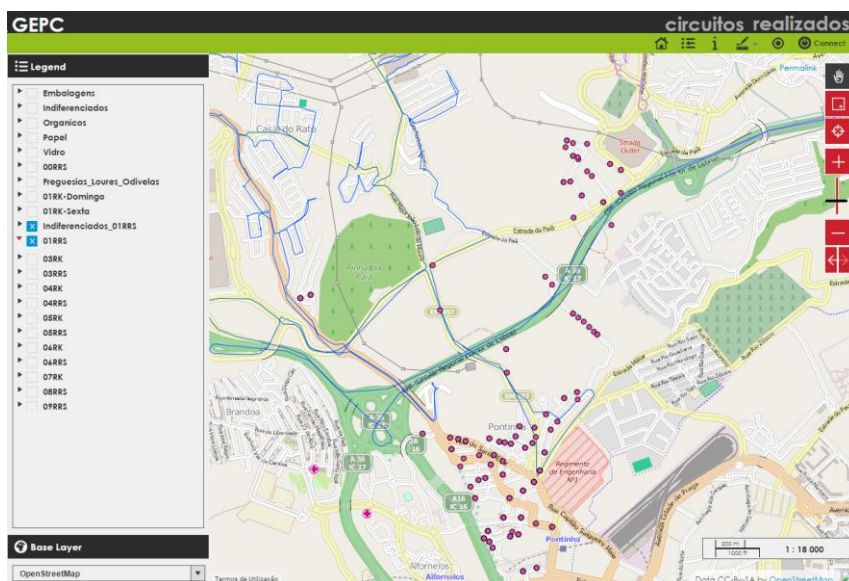
Nesse contexto, desenvolveu-se uma aplicação de SIG Web que disponibiliza circuitos desenhados com base na ordem de recolha pré-estabelecida pelo GEPC (Figura 20). Devido à possibilidade de dispor desta informação em diversos dispositivos, é possível que esta aplicação acompanhe a circulação de veículos de recolha, em tempo real, recorrendo à ferramenta de geolocalização, em suporte não analógico, mais dinâmico e intuitivo.

Ainda que estejam desatualizados, os dados referentes aos circuitos realizados permitem avaliar a efetividade e eficiência dos circuitos planeados. Comparando os circuitos planeados e os circuitos efetuados, é possível averiguar a exequibilidade do serviço de recolha ou a necessidade de introduzir alterações nos circuitos, comparando, por exemplo, a Figura 20 com a Figura 21.

Figura 20. Circuito planeado para a recolha de resíduos urbanos (circuito 01RRS)



Figura 21. Circuito realizado para a recolha de resíduos urbanos (rota 01RRS)



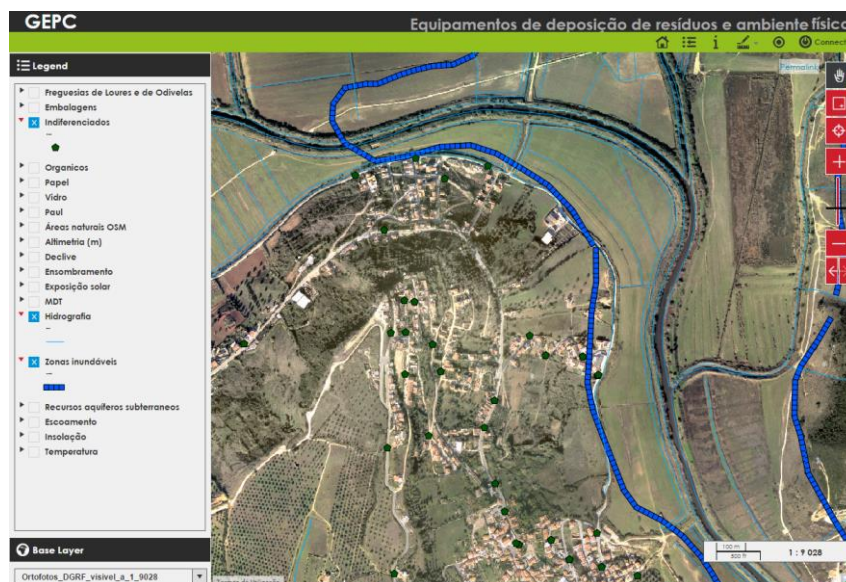
4.4. Contentores e ambiente físico

Com o intuito de contextualizar o meio físico dos municípios de Loures e de Odivelas, criou-se, em LizMap, uma aplicação que incide sobre variáveis ambientais naturais (Tabela 1): altimetria; áreas naturais; aquíferos; declive; ensombramento; escoamento; exposição solar; hidrografia; insolação; Modelo Digital de Terreno; paus; recursos aquíferos subterrâneos; temperatura; zonas inundáveis.

Considerando as atribuições do GEPC, a ponderação pelos fatores naturais do seu território de intervenção contribui para o conhecimento do ambiente físico em que o seu sistema de resíduos urbanos se insere. Tal informação é determinante para a gestão e planeamento da localização de equipamentos, dado que os mesmos são afetados por fatores físicos do território. Nos municípios de Loures e de Odivelas são vários os elementos físicos que podem influenciar o sistema de gestão de resíduos urbanos e são vários os casos em que tal se sucedeu.

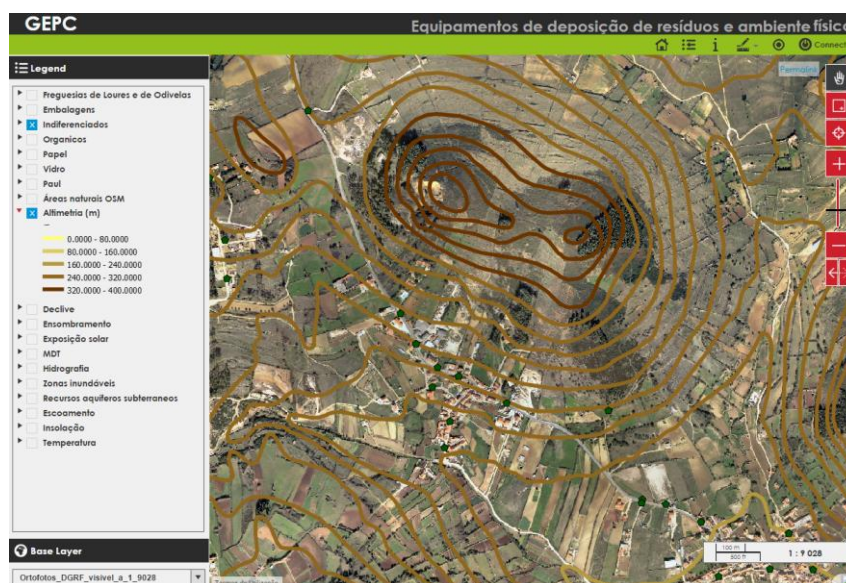
A hidrografia do território de intervenção do GEPC é densa e distribui-se por todo o seu território, culminando no Rio Trancão, com especial concentração na Várzea de Loures, locais onde já se verificaram situações de contentores arrastados ou destruídos por situações pontuais de inundação (Figura 22). A hidrografia é também responsável por situações relacionadas com aquíferos subterrâneos ou pauis que o GEPC deve ponderar no planeamento da alocação de contentores, em confronto com a capacidade de escoamento das linhas de água. Por exemplo, há registo de situações em que lençóis freáticos provocaram a flutuação forçada de contentores do tipo Molok™, que necessitam de espaço subterrâneo para a sua instalação.

Figura 22. Contentores e hidrografia e zonas inundáveis



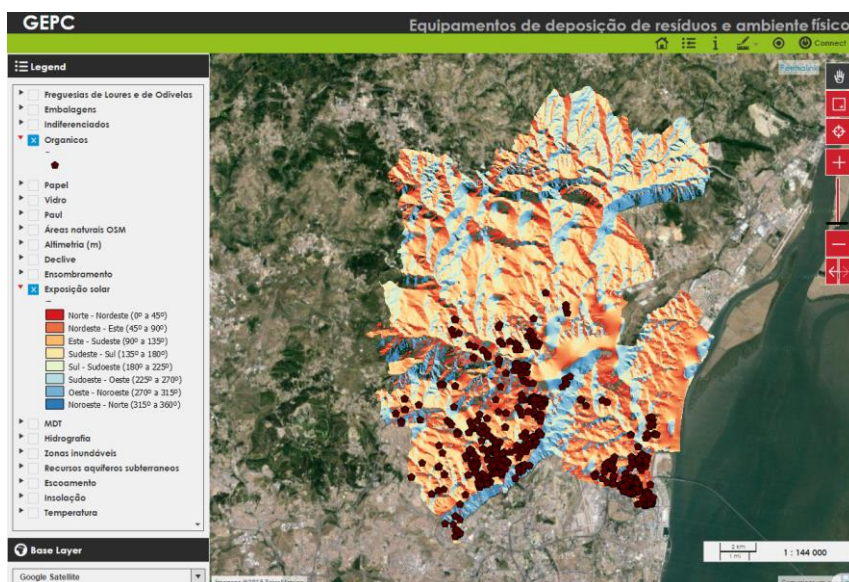
A altitude, representada em altimetria, constitui uma componente física igualmente importante para a gestão e planeamento do sistema de resíduos urbanos (Figura 23). Por um lado, a localização dos contentores deve respeitar um intervalo de inclinação tido como seguro, não apenas para os utilizadores da via pública, mas também para os trabalhadores que os manipulam. Evitam-se, deste modo, eventuais deslizamentos ou desvios no manuseamento de contentores, que podem provocar danos materiais ou pessoais, em especial quando se encontram na sua capacidade máxima de enchimento. A altimetria é, assim, determinante na avaliação de locais de instalação, para o caso de necessitarem ou não de obras de proteção e retenção. Por outro lado, a altimetria pode influenciar a programação de circuitos de recolha e transporte. O perfil topográfico do terreno por onde os veículos se deslocam determina o seu consumo de combustível, especialmente se se considerar a sua tara e peso bruto. Por exemplo, no GEPC, a programação dos circuitos considera a necessidade de efetuar descargas de resíduos urbanos transportados, quando o veículo atinge a capacidade máxima de enchimento. Essa descarga é pensada para que, durante a recolha e transporte, o veículo atinja o peso bruto máximo quando se encontra mais próximo do local de descarga. Efetuam-se, pois, distâncias menores quando o veículo se encontra com mais peso, diminuído o consumo de combustível. Em SIG, a altimetria pode ser incluída na construção de um modelo de cálculo de circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos.

Figura 23. Contentores e altimetria



A altimetria permite, inclusivamente, o cálculo do declive, do ensombramento e da exposição de vertentes, bem como a criação de um Modelo Digital de Terreno, em SIG. O declive simplifica a abordagem à inclinação, podendo ser usado em cálculos relacionados com a mesma. Já a exposição de vertentes (Figura 24) e o ensombramento remetem para uma série de fatores que importa considerar na gestão de resíduos urbanos. Os resíduos urbanos, especialmente os perecíveis, enquanto acondicionados em contentores, sofrem influência da temperatura, determinante do seu estado de decomposição e consequente libertação de odores ou fluídos que podem colocar em causa a saúde pública. A exposição solar e o ensombramento são igualmente tidos em conta na definição de locais de instalação de contentores, tendo-se publicado também dados relativos à temperatura e insolação.

Figura 24. Contentores e exposição solar das vertentes



Embora os SIMAR considerem que os componentes físicos não são dos mais determinantes na colocação de contentores, tentam respeitá-los, sem detrimento da necessidade elemental de disponibilizar o seu serviço à população. Acima de tudo, a consideração por esses componentes permite um planeamento mais adequado à realidade, através da simulação de cenários, podendo evitar, sobretudo, a adjudicação desadequada de recursos materiais e financeiros.

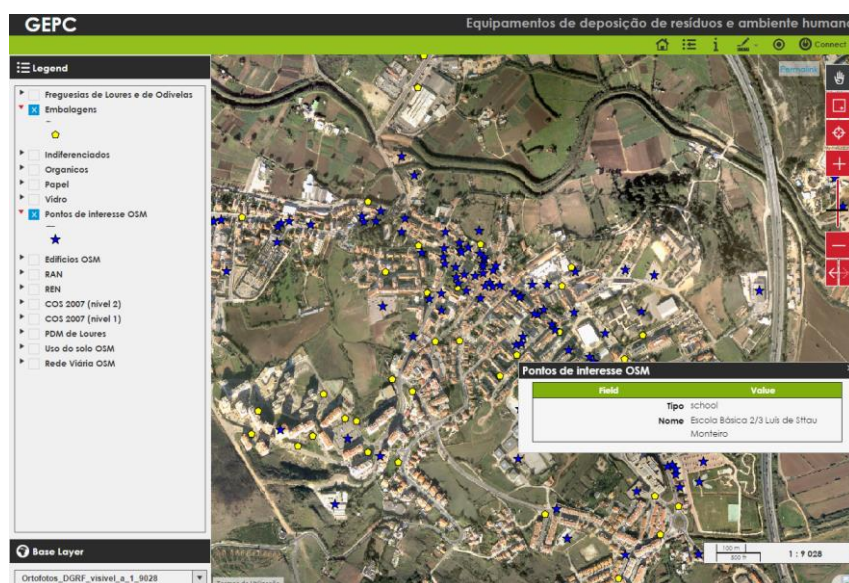
4.5. Contentores e ambiente humano

A fim de enquadrar o ambiente humano do espaço de intervenção dos SIMAR, construiu-se uma aplicação de SIG Web que incide sobre o uso e ocupação do território e sobre a sua gestão, recorrendo aos seguintes dados (Tabela 1): COS; edifícios; PDM de Loures; pontos de interesse; RAN; rede viária; REN; uso do solo.

O uso e a ocupação do solo e os instrumentos de gestão territorial refletem, principalmente, questões sociais, económicas e culturais do território, que o GEPC também deve considerar no planeamento e gestão do seu sistema de resíduos urbanos. O planeamento e a gestão dependem, maioritariamente, da avaliação de cenários, mediante o ambiente atual, bem como o seu comportamento evolutivo e transformativo. Portanto, o uso e a ocupação do solo e a previsão ou a necessidade da sua modificação, em pequena e em grande escala, fazem parte de um processo de adequação da missão dos SIMAR às necessidades efetivas e previstas dos munícipes e das entidades servidas.

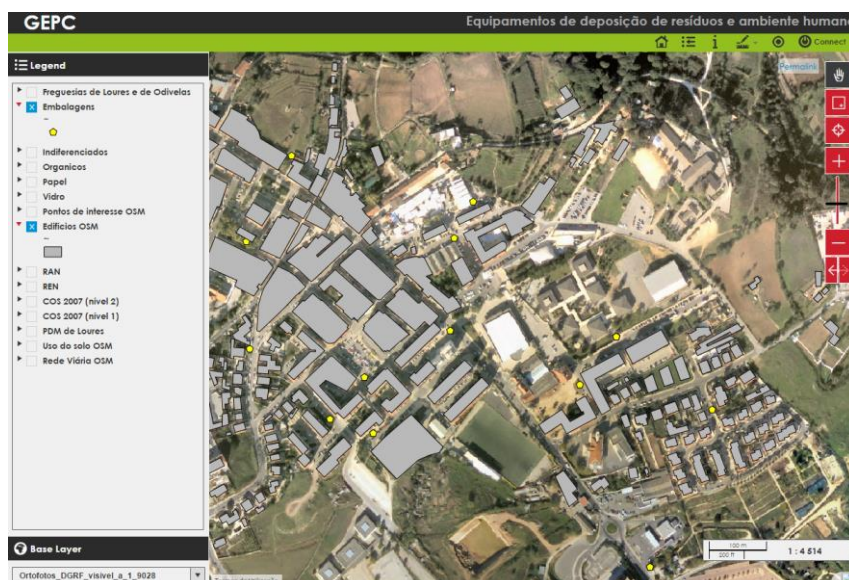
No panorama da distribuição de contentores pelo território, há que considerar que a quantidade e a qualidade de resíduos urbanos recolhidos depende do tipo de atividades na envolvência de determinada localização. Nesse sentido, dados relativos a pontos de interesse, como comércio, serviços e indústria, auxiliam o estudo e a inferência à quantidade e à qualidade de resíduos que potencialmente serão recolhidos em determinado contentor (Figura 25). Em consequência disso, o GEPC pode optar por diferentes tipos de contentores, métodos de recolha e, se for o caso, em que circuito e horário a pode efetuar.

Figura 25. Contentores e pontos de interesse



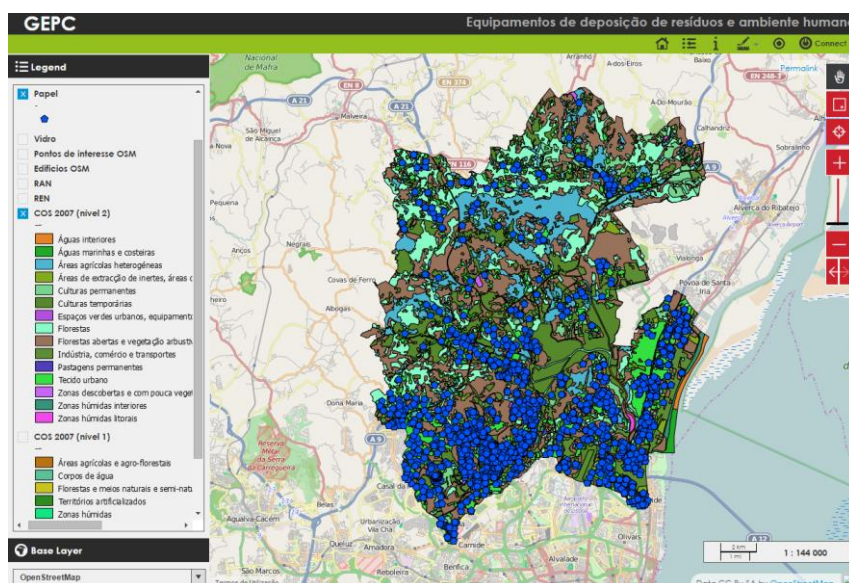
Para além de pontos de interesse, os contentores são afetados a determinado local, face ao edificado e referente tipologia. Importa, pois, deter informação relativa ao mesmo (Figura 26), sendo, de igual modo, determinante na inferência à quantidade e à qualidade de resíduos urbanos possíveis de recolher e, consequentemente, ao tipo de contentores e à forma como a recolha pode ser efetuada.

Figura 26. Contentores e edificado



A distribuição de contentores pelos municípios de intervenção dos SIMAR e a sua disponibilidade baseia-se, sobretudo, na distinção entre áreas predominantemente urbanas ou áreas predominantemente rurais. Nesse sentido, possuir dados relativos à ocupação do solo contribui para a contextualização das decisões a tomar pelo GEPC (Figura 27). A ocupação do solo é algo a que os técnicos do GEPC têm acesso, a pequena escala, através da análise de imagens de satélite da Google ou de deslocações ao local. Contudo, com dados da ocupação do solo mais pormenorizados é viável adquirir informação não só relativa à distinção entre urbano e rural, mas mais detalhada quanto ao uso efetivo do solo. Deste modo, é possível inferir a quantidade e a qualidade de resíduos urbanos produzidos ou a produzir, que contribuem igualmente para a determinação do tipo de equipamentos de deposição e da forma como a sua recolha é efetuada. É também possível, para além disso, avaliar a envolvimento, quer do ponto de instalação dos contentores, quer dos seus utilizadores.

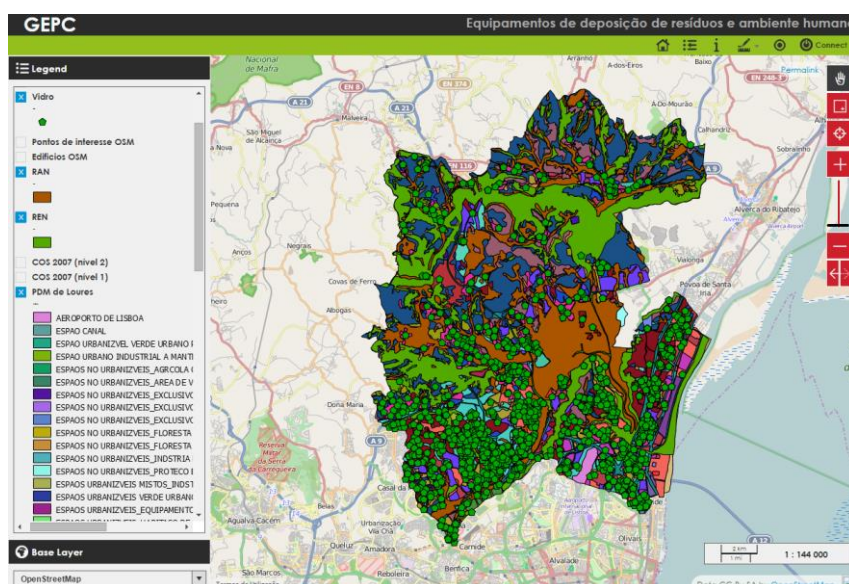
Figura 27. Contentores e ocupação do solo



Porém, a ação do GEPC não se cinge às necessidades a curto-prazo dos municípios e entidades. Para além da transformação permanente da realidade do território, que o GEPC monitoriza, adequando a sua intervenção, há necessidade de prever dinâmicas sociais e económicas que possam conduzir à transformação dessa realidade. Assim, empregar instrumentos de gestão territorial, de nível municipal, constitui um meio para que o GEPC possa planejar, implementar e gerir as suas ações a,

pelo menos, médio-prazo, considerando o ordenamento territorial e possíveis condicionantes (Figura 28). Mais do que isso, alguns instrumentos de gestão territorial, como planos de urbanização ou planos de pormenor, ou projetos de engenharia civil têm como requisito a programação de espaço para a instalação de contentores. O acesso a essa informação em suporte digital constitui também um meio para a concretização dos objetivos do GEPC. Simultaneamente, a decisão de instalar equipamentos e infraestruturas destinados à gestão de resíduos deve considerar os instrumentos de gestão territorial, servidões administrativas e restrições de utilidade pública aplicáveis (Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho).

Figura 28. Contentores e Reserva Ecológica Nacional, Reserva Agrícola Nacional e Plano Diretor Municipal de Loures

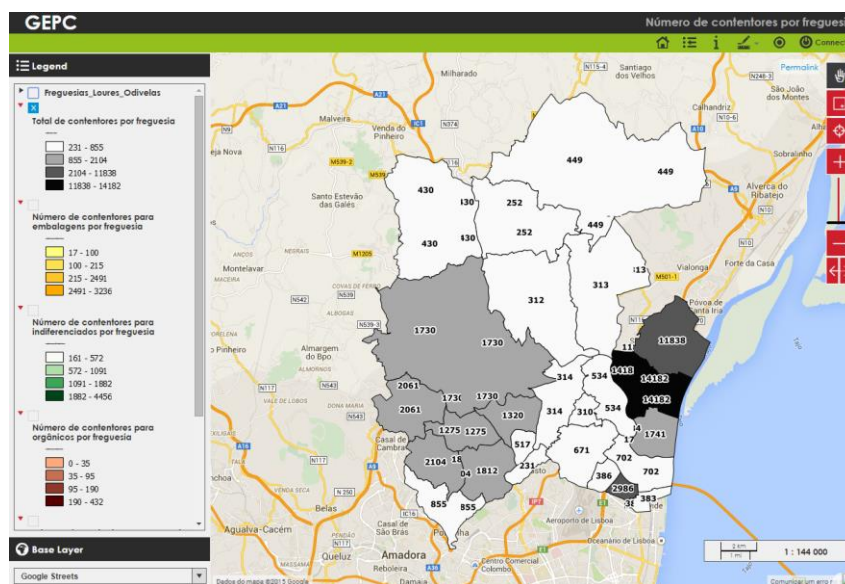


4.6. Contentores e estatística

Como se tem vindo a observar, a gestão dos contentores distribuídos pelo território não é, de forma alguma, uma tarefa linear que considera apenas requisitos patenteados em lei. Em quase todas as situações, a distribuição é afetada por questões sociais, económicas e até culturais, que determinam a qualidade e a quantidade de resíduos urbanos produzidos, com um considerável contributo do comércio, dos serviços e da indústria, dados incorporados em outras aplicações de SIG Web. Nas mesmas circunstâncias, a consideração pelas características demográficas do território

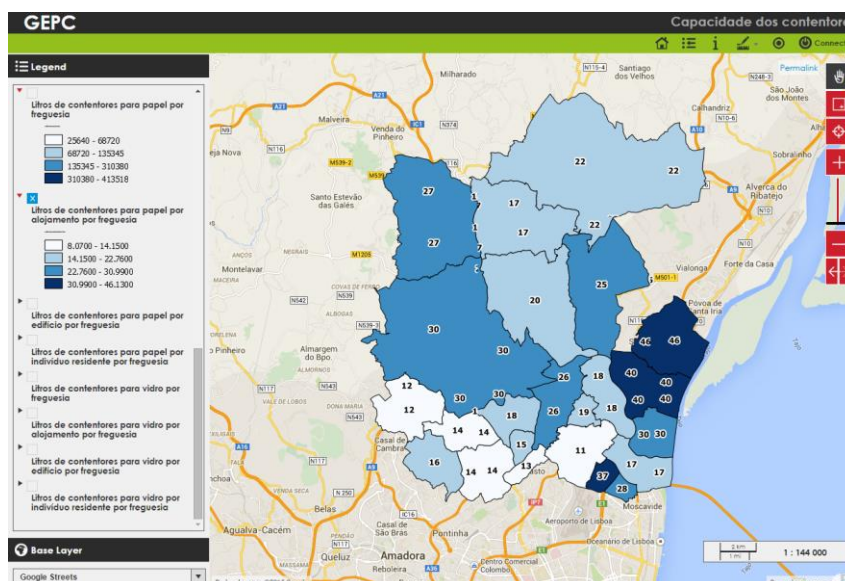
Muitas das ações dos SIMAR estão orientadas para as necessidades dos munícipes, sendo que o cruzamento dos dados dos contentores com dados demográficos contribuem para o conhecimento socioeconómico da população que servem. Nessa ótica, produziram-se aplicações de SIG Web que contemplam dados relativos à BGRI de 2011, quer ao nível da freguesia, quer ao nível da subsecção estatística.

Figura 29. Número de contentores, por freguesia



57

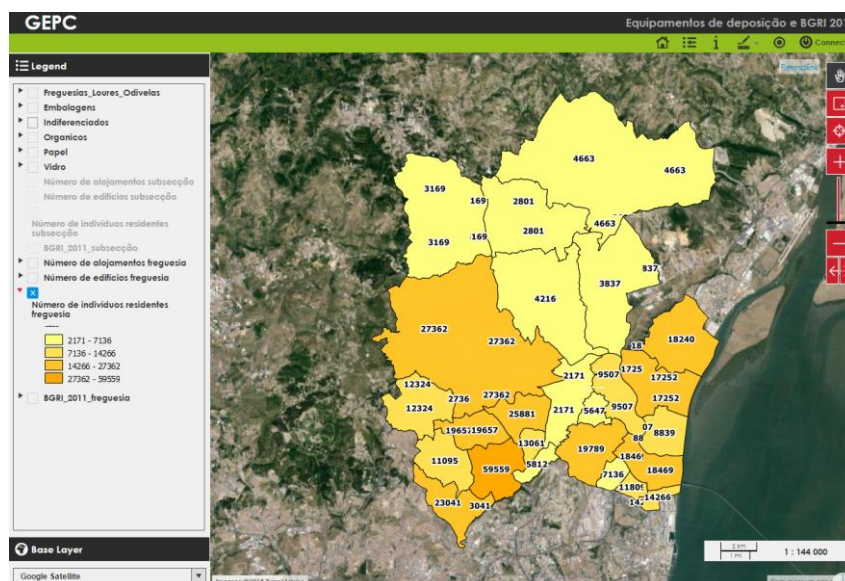
Figura 30. Capacidade dos contentores (litros), por alojamento, por freguesia



Através da análise da informação patente na aplicação da Figura 30, é possível depreender eventuais carências ou excessos relativos à distribuição dos contentores por freguesia, em relação ao número de alojamentos, ao número de edifícios e ao número de indivíduos residentes. Estes aspetos refletem-se numa parte significativa das reclamações ou pedidos que o GEPC recebe, embora existam outros fatores, como a existência de mais ou menos comércio, serviços ou indústria, que fazem com que o número de contentores, a sua capacidade e o tipo de resíduo a que se destinam apresentem valores diferentes, nas várias freguesias. Portanto, o facto de se verificarem divergências na capacidade dos contentores em relação aos dados demográficos mencionados, por freguesia, não significa que haja necessidade de intervenção ao nível do número de contentores distribuídos pelo território. Se necessária, essa intervenção pode ser realizada ao nível da capacidade do contentor ou ao nível da frequência com que os resíduos urbanos são recolhidos, adaptando-as.

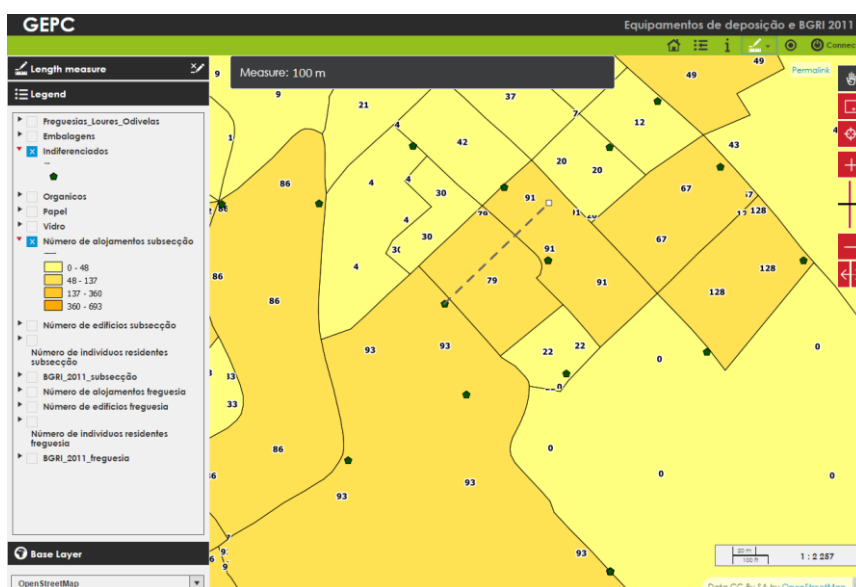
É por isso que o conhecimento mais pormenorizado de ocorrências justifica que os técnicos do GEPC efetuem deslocações ao local, algumas das vezes para averiguar a quantidade de alojamentos, edifícios ou população residente servida ou a servir por determinado ponto de instalação. Como tal, deter um quadro geral do número de indivíduos residentes, alojamentos e edifícios, ao nível da freguesia e da subsecção, representa informação de valor para o conhecimento territorial (Figura 31 e Figura 32).

Figura 31. Número de indivíduos residentes, por freguesias



O cruzamento de informação censitária, de 2011, ao nível da subsecção estatística, com o dispositivo presente no território constitui um meio inovador de obter as características demográficas afetas aos contentores do GEPC. Vários dos indicadores presentes na BGRI de 2011 refletem dados que podem ser interrelacionados com a quantidade e a qualidade de resíduos urbanos produzidos, contribuindo para o planeamento e gestão de contentores e circuitos de recolha e transporte. Através das aplicações de SIG Web de LizMap é possível efetuar medições, por exemplo, relativas às distâncias de 100 ou 200 metros de um local de instalação, obtendo informação censitária afeta a essas distâncias, passando a conhecer os alojamentos, edifícios e indivíduos residentes e presentes que serve (Figura 32).

Figura 32. Contentores e número de alojamentos, por subsecção

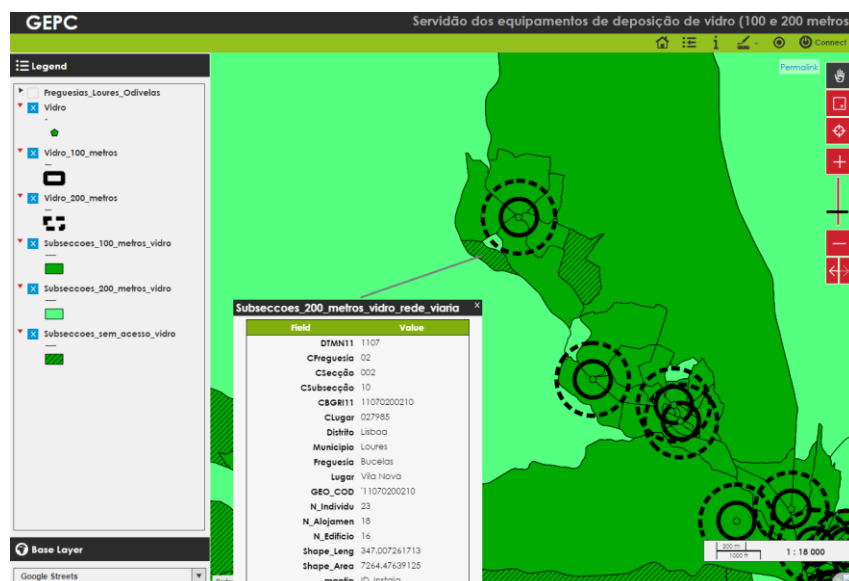


4.7. Contentores e área de influência

Embora o GEPC trabalhe cumprindo o regime jurídico da gestão de resíduos urbanos, verificam-se situações que a legislação nem sempre contempla ou, pelo menos, sobre as quais não é objetiva. Um caso específico do alcance da lei remete para o direito à prestação do serviço de gestão de resíduos urbanos, ou seja, com base na distância entre contentores e utilizadores, o referido serviço considera-se ou não disponível. Grande parte das ocorrências geridas e o planeamento e controlo das iniciativas estão relacionadas com a disponibilidade do serviço. Então, a construção de uma ferramenta tecnológica que forneça informação relativa à área de influência dos contentores, no caso, recorrendo à BGRI de 2011, permite a avaliação da disponibilidade efetiva do serviço de gestão de resíduos urbanos, ainda que ao nível da subsecção estatística.

Portanto, uma das aplicações de SIG Web criadas disponibiliza dados relativos a uma área circular de 100 e de 200 metros, em torno de cada contentor, à qual estão afetas subsecções estatísticas (Figura 33), identificando-se as que são hipoteticamente servidas por determinado equipamento. Por outras palavras, encontram-se as subsecções que são espacialmente interseccionadas pelas referidas áreas circulares.

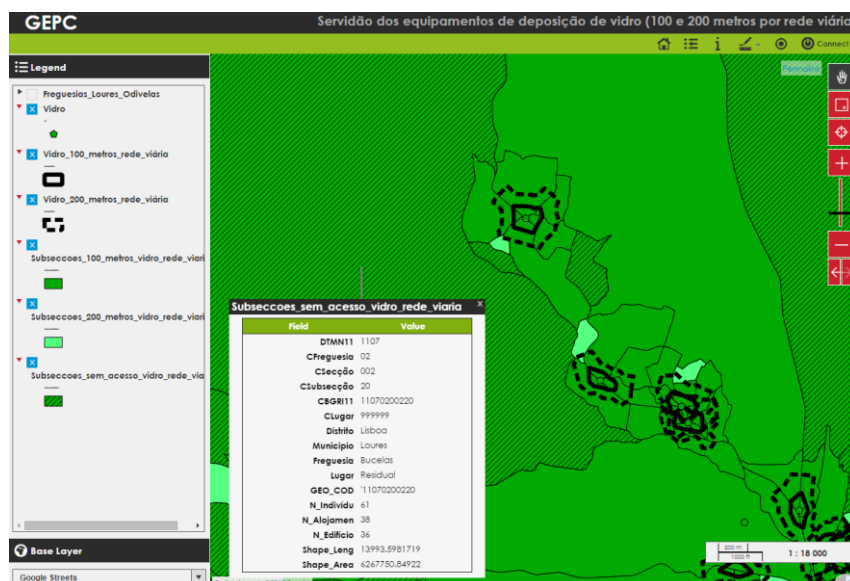
Figura 33. Área de influência dos contentores e subsecções estatísticas



Contudo, em termos práticos, a adoção de uma área circunferencial para circunscrever a área de influência dos contentores pode não ser sempre a opção mais apropriada, embora a legislação não seja explícita em relação à determinação dessa área. Um exemplo disso remete para o caso de um contentor deter a respetiva área circunferencial de 100 ou 200 metros a abranger o local de referência para onde é pedido, porém, para que os seus utilizadores tenham acesso ao mesmo, é necessário que efetuem uma distância de mais do que os 100 ou os 200 metros.

Por esse motivo, empregar a rede viária no cálculo da distância entre contentores e, no caso, subsecções estatísticas hipoteticamente servidas, pode ser uma abordagem mais correta para determinar a área de influência dos contentores. Em suma, produziu-se uma aplicação em LizMap que, em vez de considerar uma área circunferencial de 100 e de 200 metros em torno de cada contentor, considera uma área de serviço que demonstra a acessibilidade das subsecções aos contentores, com base na rede viária (Figura 34).

Figura 34. Área de influência dos contentores, por rede viária, e subsecções estatísticas



Desta forma, ambas as aplicações permitem, em primeiro lugar, determinar a área de influência dos contentores, de forma circunferencial ou com base na respetiva acessibilidade viária. Em segundo lugar, detém-se acesso aos dados sociais e económicos relativos às subsecções estatísticas que, possivelmente, servem determinados contentores, inferindo a sua produção quantitativa e qualitativa de resíduos urbanos. Inversamente, é possível avaliar as subsecções estatísticas que não detêm serviço de gestão de resíduos urbanos, atentando para as suas características socioeconómicas e para as suas possíveis necessidades, na ótica da alocação de contentores.

A comparação entre as aplicações da Figura 33 e da Figura 34 permite perceber que a área de influência dos contentores detêm resultados diferentes, quando considerada a sua área circunferencial ou o acesso viário aos mesmos, dentro das distâncias de 100 ou 200 metros. Esses resultados permitem avaliar, por exemplo, a quantidade de população que pode estar sem acesso a determinado contentor, considerando uma das hipóteses de área de influência. Por um lado, detém-se acesso aos dados estatísticos dos alojamentos, edifícios e população servidos, por outro, avalia-se a área de afetação dos contentores e a acessibilidade aos mesmos.

4.8. Contentores e proximidade

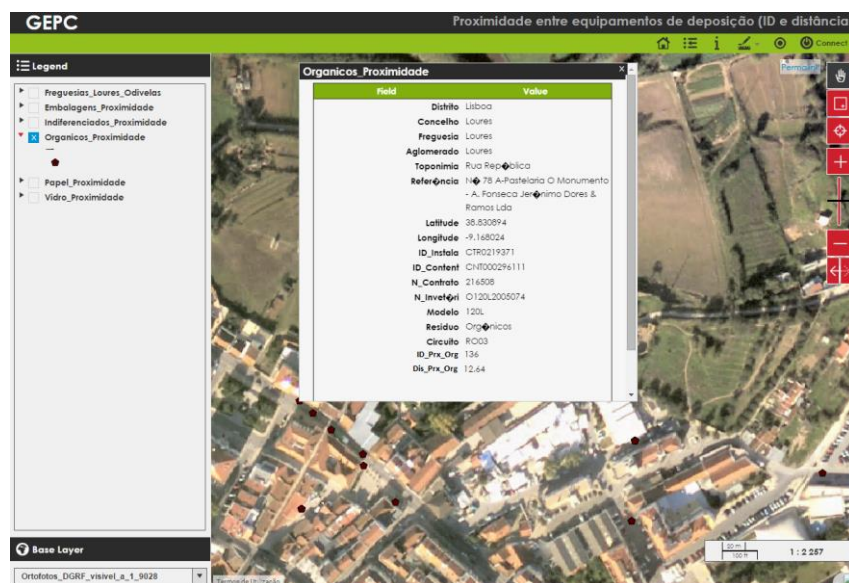
Os SIMAR orientam as suas ações no sentido de disponibilizar plenamente o serviço de gestão de resíduos urbanos, muito centrado na área de influência e acessibilidade dos contentores, baseada em distâncias. Ora, nesse sentido, as aplicações de SIG Web desenvolvidas respondem à necessidade de avaliar distâncias e, mais do que isso, de fornecer dados demográficos, de comércio, serviços e indústria e de tipos de ocupação do solo, que dispõem de determinados contentores, sob determinadas circunstâncias. Esses dados auxiliam, na maioria das vezes, na apreciação da necessidade de alocar ou remover contentores, de modificar a capacidade ou o resíduo a que se destinam e de reprogramar circuitos de recolha e transporte.

Todavia, tais ações nem sempre são necessárias ou podem não ser as mais adequadas. Simplesmente, movimentar contentores já existentes no terreno, ajustando a sua localização de acordo com as distâncias de disponibilidade, pode ter um impacto significativo nas áreas afetadas aos mesmos ou nos circuitos de transporte e recolha. Para isso, é imprescindível que o GEPC tenha acesso à informação referente à relação espacial entre contentores, nomeadamente distâncias entre os mesmos.

Como tal, em complemento das aplicações anteriormente apresentadas, desenvolveu-se uma aplicação orientada para a disponibilização de dados relativos à proximidade entre contentores e à distância entre cada contentor e o contentor mais próximo (Figura 35).

Deste modo, muitas das intervenções que o GEPC conduz podem incidir apenas sobre a movimentação dos contentores já existentes no terreno, sendo possível avaliar cenários de reorganização de contentores e de circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos.

Figura 35. Proximidade entre contentores de um tipo de resíduo



5. CONCLUSÃO

A gestão do território está orientada para a administração do espaço e de todos os fenómenos e elementos nele presentes. Com objetivos direcionados para o desenvolvimento social e económico, a gestão do território remete de igual forma para a gestão de recursos, dos quais as atividades humanas estão dependentes, até ao momento em que são considerados como resíduos. Neste sentido, a gestão do território, na sua vertente de gestão de recursos, contempla questões relacionadas com a gestão de resíduos.

A produção e a recolha de resíduos aumentaram consideravelmente nas últimas décadas, sendo que a sua gestão deve ser considerada pelos intervenientes e partes interessadas no território. Nesse sentido, o serviço de gestão de resíduos é prestado por entidades que, para a concretização das suas competências, possuem recursos tecnológicos e humanos e um sistema distribuído pelo seu território de intervenção.

Como se pôde verificar ao longo do presente Trabalho de Projeto, são vários os métodos e técnicas de gestão de resíduos disponíveis no mercado, numa situação em que a Administração Pública promove as tecnologias, a informação e a comunicação. Nesta circunstância, observou-se o caso específico do GEPC, dos SIMAR, para avaliação das abordagens metodológicas e tecnológicas ao planeamento e monitorização de contentores e circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos. Verificou-se que, na generalidade, os meios tecnológicos, de acordo com as soluções disponíveis no mercado, podem estar muito orientados para dados internos às entidades e para um conjunto restrito de funções. Contudo, como foi defendido, a gestão de resíduos urbanos deve contemplar variáveis externas, face à relação de influência recíproca com o território e com os seus fenómenos e elementos, e ferramentas que disponibilizem análises mais abrangentes.

Então, se a gestão do território deve contemplar a gestão de resíduos, também os seus processos e ferramentas podem, nesta circunstância, ser empregues. Como tal, considerou-se que a gestão de resíduos urbanos pode ser efetuada através de

produtos de SIG, essenciais à gestão de informação espacial e com grandes capacidades para gestão territorial.

Assim, no presente Trabalho de Projeto, expôs-se o desenvolvimento de um modelo de implementação de SIG para gestão de resíduos urbanos, respeitando: os ideais de liberdade de circulação de informação e de utilização de tecnologias não-proprietárias, em crescente adoção na Administração Pública; a necessidade de acrescentar informação externa aos procedimentos do GEPC e à sua tomada de decisão, na ótica de potenciar o alcance da sua missão, num contexto de processos efetuados em rede digital; os princípios de gestão do território, que contemplam meios para a análise do ambiente, a formulação de objetivos, a avaliação de cenários e a sua implementação e monitorização, no território de intervenção dos SIMAR. O resultado foram aplicações de SIG Web, assentes em *software* de código aberto, livre e gratuito, que contemplam dados relativos a contentores e circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos e dados externos ao GEPC que devem ser envolvidos no seu processo decisório.

Através do contato com os SIMAR, foi possível perceber que a sua missão e, em particular, a missão do GEPC poderiam beneficiar com a implementação de SIG. Resumidamente, as aplicações de SIG Web fornecem informação ao sistema do GEPC que auxilia, essencialmente, a decisão relativa à atribuição e à movimentação de contentores e aos circuitos de recolha e transporte de resíduos urbanos. Tal situação pode evitar deslocações ao terreno ou auxiliar nas mesmas, caso seja necessário. É igualmente possível diminuir custos relacionados com a utilização desajustada de contentores, por parte dos SIMAR e por parte dos municípios e entidades, efetuando uma distribuição mais aproximada às necessidades dos municípios e com melhorias nos circuitos de recolha e transporte.

Todavia, do ponto de vista prático, as aplicações desenvolvidas poderiam ser alimentadas com mais informação e funções e detêm ainda algumas limitações. Por exemplo, poderiam ser reforçadas com informação relativa à georreferenciação de aterros, de centrais, de garagens, de estações de transferência, à capacidade de carga dos veículos em cada circuito e ao nível de enchimento dos contentores. Igualmente, a Câmara Municipal de Loures possui um leque vasto de informação geográfica que

poderia ser partilhada com o seu serviço municipalizado, sem que se acrescentassem custos do lado do servidor e com ganhos significativos do lado do cliente, neste caso, os SIMAR. Já o perfil atual dos Clientes de Mapas Web de código aberto, gratuitos e/ou livre ainda está muito orientado para a análise visual. Para construir e integrar ferramentas mais potentes são, ainda, necessários procedimentos complexos, existindo Clientes Web proprietários capazes de o fazer de forma intuitiva. Espera-se, porém, que os Clientes de Mapas Web de código aberto, gratuitos e/ou livres, vão de encontro a essas capacidades, que se podem referir à possibilidade de inquirir e cruzar camadas, de criar informação gráfica a partir das mesmas ou de introduzir geoprocessamento. Há que ter também algum cuidado relativo à possibilidade de erros de comissão e omissão, através das aplicações Web, e à escala a que a análise é efetuada, com erros topológicos prováveis. Algumas destas questões poderiam ser ultrapassadas, com a constituição de uma base de dados de clientes e utentes dos SIMAR mais detalhada ou com a integração e circulação de mais informação, dentro da Administração Pública.

No entanto, por um lado, as aplicações de SIG Web desenvolvidas estão ao nível da tecnologia existente no GEPC e introduzem até novas ferramentas, melhorando a sua comunicação e atuação. Por outro lado, as aplicações facultam também informação externa ao GEPC, fundamental ao seu sistema e à avaliação de cenários de intervenção. Nesse quadro, a informação interna e externa, obtida de forma gratuita e livre, passaria a ser propriedade do GEPC, não dependendo de fornecedores externos, responsáveis por gerir as suas plataformas digitais. Do mesmo modo, a tecnologia passaria a apresentar custos que remetem apenas para a criação e manutenção de serviços de SIG, com processos, recursos humanos e *hardware* necessários, e não para licenciamento de *software*, numa conjuntura desfavorável ao investimento público.

De facto, os objetivos deste Trabalho de Projeto foram alcançados com sucesso, obtendo-se, ao longo do mesmo, respostas às questões relativas à integração de SIG Web para gestão territorial do sistema de resíduos urbanos e planeamento de ações a esse nível. Primeiramente, descreveu-se o panorama metodológico e tecnológico da gestão do sistema de resíduos urbanos, especificamente da gestão de

contentores e de circuitos de recolha e transporte. Posteriormente, construíram-se aplicações Web baseadas em SIG, focando pontos fortes e potencialidades das mesmas, para a concretização da missão do GEPC. Nesta fase, resta fazer algumas reflexões relativas às aplicações de SIG Web para a gestão do território, no geral.

Ao longo do presente Trabalho de Projeto, verificou-se que a gestão de resíduos urbanos, concretamente do seu sistema, se aproxima em muito à gestão territorial, dado que, de certo modo, se gerem fenómenos e elementos distribuídos por determinado território. Verificou-se também que as ferramentas tecnológicas comumente empregues nessa gestão territorial podem servir a gestão do sistema de resíduos urbanos, melhorar o alcance da missão das entidades por ela responsáveis e aumentar a qualidade e disponibilidade de serviços prestados à sociedade.

Ora, se os processos e os recursos tecnológicos são próximos, então, o modelo conceptual e metodológico de desenvolvimento aplicacional construído e testado pode, igualmente, ser empregue na gestão do território. A elaboração, implementação e monitorização de planos pode ser auxiliada e potenciada com a integração de ferramentas nos moldes das desenvolvidas neste Trabalho de Projeto. Com um território cada vez mais dinâmico, a atuação sobre o mesmo necessita de igual dinâmica e aproximação à realidade. Então, a integração de SIG Web, com a respetiva informação territorial vasta e atualizada e conhecimento que possibilite a decisão orientada para o território, constitui um meio importante para a concretização de políticas de ordenamento do território e materialização de instrumentos de gestão territorial. Ficam, assim, abertas hipóteses de desenvolvimento e teste deste tipo de ferramentas, para a concretização de objetivos em outros contextos reais de gestão do território.

BIBLIOGRAFIA

AHMED, Shaik Moiz; MUHAMMAD, Hassan; SIVERTUN, Åke – Solid waste management planning using GIS and remote sensing technologies. Case study Aurangabad city, India. **International Conference on Advances in Space Technologies, 2006**. p. 196-2000. ISBN 1-4244-0515-7;

AREBEY, Maher [et al.] – RFID and integrated technologies for solid waste bin monitoring system. **Proceedings of the World Congress on Engineering 2010**. 1 (2010). ISBN 978-988-17012-9-9;

AREBEY, Maher [et al.] – Integrated technologies for solid waste bin monitoring system. **Environmental Monitoring and Assessment**. 177:1-4 (2011) p. 399-408. ISBN 10661-010-1642-x;

AREMU, A. S.; ADELEKE, O. O.; SULE, B. F. – A GIS-based optimization technique for spatial location of municipal waste bins in a developing city. **Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management**. 4:3 (2011) p. 65-72;

BEIJOCO, Ana Filipa Pereira – **Otimização de um sistema de recolha e transporte de resíduos sólidos urbanos: implicações ambientais e financeiras da otimização da recolha e transporte de resíduos sólidos urbanos no Barreiro**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2011;

CANSEIRO, Soraia Patrícia Guedes – **SIG municipais aplicados à gestão de resíduos sólidos urbanos**. Relatório de Estágio de Mestrado em Gestão do Território, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013;

CHALKIAS, Christos; LASARIDI, Katia – Benefits from GIS based modelling for municipal solid waste management. **Integrated Waste Management**. 1 (2011) p. 417-437. ISBN 978-953-307-469-6;

COSTA, D. [et al.] – Gestão de Resíduos Urbanos no Município de Coimbra. **Atas da 10ª Conferência Nacional do Ambiente, XII Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente, Universidade de Aveiro, 2013**. p. 629-634. ISBN 978-989-98673-0-7;

DAVIDE, Pedro Miguel Monge – **Sistema de gestão para a recolha de material reciclável**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012;

FERRÃO, Paulo Manuel Cadete (coord.) – **Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2011-2020: Proposta de PNGR**. 2011;

FERNANDES, Gisela Alexandre T. – **Otimização da recolha de resíduos sólidos indiferenciados no município de Sintra: Aplicação de SIG a um Sistema de Apoio à Decisão**. Dissertação de Mestrado em Bioenergia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2009;

GHOSE, M. K.; DIKSHIT, A.K.; SHARMA, S.K. – A GIS based transportation model for solid waste disposal – A case study on Asansol municipality. **Waste Management**. 26:11 (2006) p. 1287-1293;

GOMES, Cristina Marta Bravo – **Análise de indicadores de produtividade de circuitos de recolha seletiva de RSU com diferentes características operacionais**. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2009;

GOUVEIA, Luís Borges – **Local e-government: a governação digital na autarquia**. Porto: SPI – Sociedade Portuguesa de Inovação, 2004, p. 7-30. ISBN 972-8589-41-7;

GOUVEIA, Luís Girão Mendes – **Sistema de monitorização do nível de enchimento de ecopontos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2009;

Grupo de Projeto para as Tecnologias de Informação e Comunicação, Governo de Portugal – **Plano global estratégico de racionalização e redução de custos nas TIC, na Administração Pública: Horizonte 2012-2016**. Lisboa: Governo de Portugal, 2011;

ILLEPERUMA, I.A.K.S.; SAMARAKOON, Lal – Locating bins using GIS. **International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS**. 10:02 (2010) p. 75-84;

Instituto Nacional de Estatística – **Estatísticas do Ambiente 2012**. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P., 2013, p. 131-144. ISBN 978-989-25-0197-0;

KIM, Jangwon [et al.] – A Multi-Layer based Access Control Model for GIS Mobile Web Services. **Digest of Technical Papers International Conference on Consumer Electronics, 2009;**

KRAEMER, Kenneth L.; KING, John Leslie – Information technology and administrative reform: will e-government be different?. **International Journal of Electronic Government Research. 2:1 (2006);**

KUMAR, Sandeep; QADEER, Mohammed Abdul; GUPTA, Archana – Location Based Services using Android. **Proceedings of the 3rd IEEE international conference on Internet multimedia services architecture and applications, 2009. p. 335-339. ISBN 978-1-4244-4792-3;**

MARTINHO, Maria da Graça Madeira; GONÇALVES, Maria da Graça Pereira – **Gestão de resíduos**. Lisboa: Universidade Aberta, 2000. ISBN 972-674-296-X;

Missão para a Sociedade da Informação – **Livro Verde para a Sociedade da Informação em Portugal**. Lisboa: Missão para a Sociedade da Informação, Ministério da Ciência e da Tecnologia, 1997. ISBN 972-97349-0-9;

MONTEIRO, Juliana Filipa Brito – **Os SIG aplicados à gestão da recolha de resíduos urbanos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2009;

NITHYA, A. R.; VELUMANI, A.; SENTHIL KUMAR, S.R.R. – Optimal location and proximity distance of municipal solid waste collection bin using GIS: a case study of Coimbatore city. **WSEAS Transactions on Environment & Development. 8:4 (2012) p. 107-119;**

NUNES, Cláudia Teresa Russo Rodeia de Calado – **Avaliação do desempenho económico-ambiental dos sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos – uma aplicação ao município de Loulé**. Dissertação de Mestrado em Administração e Desenvolvimento Regional, Universidade do Algarve, Faro, 2012;

OLIVEIRA, Pedro Silveiro de – **Análise das tendências evolutivas dos ecopontos no Algarve: Um diagnóstico dos custos com o ambiente**. Dissertação de Mestrado em Gestão Empresarial, Universidade do Algarve, Faro, 2011;

- RADA, E. C. [et al.] – Web oriented technologies and equipments for MSW collection. **Proceedings of the International Conference on RISK MANAGEMENT, ASSESSMENT and MITIGATION, 2010.** p. 150-153. ISBN: 978-960-474-182-3;
- SADOUN, Balqies; AL-BAYARI, Omar – Location based services using geographical information systems. **Computer Communications.** 30:16 (2007) p. 3154–3160;
- SANTOS, Luís, COUTINHO-RODRIGUES, João; CURRENT, John R. – Implementing a multi-vehicle multi-route spatial decision support system for efficient trash collection in Portugal. **Transportation Research Part A.** 42:6 (2008) p. 922–934;
- SANTOS, Luís; COUTINHO-RODRIGUES, João; ANTUNES, Carlos Henggeler – A Web Spatial Decision Support System Vehicle Routing using Google Maps. **Decision Support Systems.** 51:1 (2011) p. 1-9;
- SANTOS, Rui; MARTINHO, Maria da Graça Madeira – Instrumentos para a gestão dos resíduos: contributos da abordagem económica. **Atas do Workshop “A Componente Socioeconómica na Gestão de Resíduos”, APEA, 1999.** p. 17-27;
- SILVA, Ana Rita Elói da – **Otimização da recolha de resíduos urbanos.** Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2009.
- SILVA, Henrique Dinis Pinto da – **Aplicação de ferramentas WebSIG e algoritmos VRP no planeamento de rotas de recolha de resíduos urbanos: Caso de Estudo: Penafiel.** Dissertação de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2013;
- STEINIGER, Stefan; HUNTER, Andrew J. S. – The 2012 free and open source GIS software map – a guide to facilitate research, development, and adoption. **Computers, Environment and Urban Systems.** 39 (2013) p. 136-150;
- ZAMORANO, M. [et al.] – A planning scenario for the application of geographical information systems in municipal waste collection: A case of Churriana de la Vega (Granada, Spain). **Resources, Conservation and Recycling.** 54:2 (2009) p. 123–133;

ZSIGRAIOVA, Zdena; SEMIÃO, Viriato; BEIJOCO, Filipa – Operation costs and pollutant emissions reduction by definition of new collection scheduling and optimization of MSW collection routes using GIS. The case study of Barreiro, Portugal. **Waste Management**. 33:4 (2013) p. 793-806.

Legislação

Resolução do Conselho de Ministros n.º 108/2003, de 12 de agosto. *Diário da República – I série-B. Plano de Ação para o Governo Eletrónico*;

Aviso n.º 9772/2004, de 16 de dezembro. *Apêndice N.º 153 – II série – N.º 293*. Câmara Municipal de Loures;

Resolução do Conselho de Ministros n.º 190/2005, de 16 de dezembro. *Diário da República, 1.ª série-B – N.º 240*. Presidência do Conselho de Ministros;

Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro. *Diário da República, 1.ª série – N.º 171*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional;

Portaria n.º 187/2007, de 12 de fevereiro. *Diário da República, 1.ª série – N.º 30*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional;

Resolução da Assembleia da República n.º 53/2007, de 19 de outubro. *Diário da República, 1.ª série – N.º 202*. Assembleia da República;

Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de agosto. *Diário da República, 1.ª série – N.º 161*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional;

Resolução do Conselho de Ministros n.º 109/2009, de 2 de outubro. *Diário da República, 1.ª série – N.º 192*. Presidência do Conselho de Ministros;

Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho. *Diário da República, 1.ª série – N.º 116*. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território;

Resolução do Conselho de Ministros n.º 46/2011, de 14 de Novembro. *Diário da República*, 1.ª série – N.º 218. Presidência do Conselho de Ministros;

Resolução do Conselho de Ministros n.º 112/2012, de 31 de dezembro. *Diário da República*, 1.ª série – N.º 252. Presidência do Conselho de Ministros;

Despacho n.º 5096/2013, de 15 de abril. *Diário da República*, 2.ª série – N.º 73. Município de Loures;

Decreto-Lei n.º 92/2013, de 11 de julho. *Diário da República*, 1.ª série – N.º 132. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território;

Aviso n.º 11181/2014, de 7 de outubro. *Diário da República*, 2.ª série – N.º 193. Municípios de Loures e de Odivelas.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Questões relacionadas com a estrutura do Trabalho de Projeto	4
Figura 2. Municípios de Loures e de Odivelas, na Grande Lisboa	11
Figura 3. Freguesias dos municípios de Loures e de Odivelas e municípios limítrofes.....	11
Figura 4. Resíduos urbanos recolhidos indiferenciadamente (tonelagem), nos municípios da Grande Lisboa, em 2013.....	13
Figura 5. Resíduos urbanos recolhidos seletivamente (tonelagem), nos municípios da Grande Lisboa, em 2013	13
Figura 6. Resíduos urbanos recolhidos indiferenciadamente (percentagem do total de resíduos urbanos recolhidos), nos municípios da Grande Lisboa, em 2013	14
Figura 7. Resíduos urbanos recolhidos seletivamente (percentagem do total de resíduos urbanos recolhidos), nos municípios da Grande Lisboa, em 2013	14
Figura 8. Resíduos urbanos recolhidos indiferenciadamente por habitante (kg/hab), nos municípios da Grande Lisboa, em 2013	15
Figura 9. Resíduos urbanos recolhidos seletivamente por habitante (kg/hab), nos municípios da Grande Lisboa, em 2013.....	15
Figura 10. Organograma dos Serviços Intermunicipalizados de Águas e Resíduos dos Municípios de Loures e Odivelas	17
Figura 11. Fluxograma de desenvolvimento de aplicações de Sistemas de Informação Geográfica Web para gestão do sistema de resíduos urbanos, no Gabinete de Estudos, Planeamento e Controlo	33
Figura 12. Exemplo de geoprocessamento desenvolvido em Graphical Modeler do QGIS.....	37
Figura 13. Índice do LizMap	40
Figura 14. Exemplo de repositório de projetos, em LizMap	41
Figura 15. Aplicação de Sistemas de Informação Geográfica Web, desenvolvida com LizMap .	42
Figura 16. Informação relativa a determinada aplicação.....	44
Figura 17. Exemplo de pesquisa de elemento da camada de contentores para embalagens....	45
Figura 18. Exemplo de <i>pop-up</i> de um elemento da camada de contentores para embalagens	45
Figura 19. Exemplo de impressão em LizMap.....	46
Figura 20. Circuito planeado para a recolha de resíduos urbanos (circuito 01RRS)	49
Figura 21. Circuito realizado para a recolha de resíduos urbanos (rota 01RRS).....	49
Figura 22. Contentores e hidrografia e zonas inundáveis.....	50
Figura 23. Contentores e altimetria	51
Figura 24. Contentores e exposição solar das vertentes	52

Figura 25. Contentores e pontos de interesse	54
Figura 26. Contentores e edificado	54
Figura 27. Contentores e ocupação do solo.....	55
Figura 28. Contentores e Reserva Ecológica Nacional, Reserva Agrícola Nacional e Plano Diretor Municipal de Loures	56
Figura 29. Número de contentores, por freguesia.....	57
Figura 30. Capacidade dos contentores (litros), por alojamento, por freguesia	58
Figura 31. Número de indivíduos residentes, por freguesias	59
Figura 32. Contentores e número de alojamentos, por subsecção	60
Figura 33. Área de influência dos contentores e subsecções estatísticas	61
Figura 34. Área de influência dos contentores, por rede viária, e subsecções estatísticas.....	62
Figura 35. Proximidade entre contentores de um tipo de resíduo.....	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS E TABELAS

Gráfico 1. Resíduos urbanos recolhidos (tonelagem), por tipo de recolha, em Portugal, entre 2003 e 2013.....	9
Gráfico 2. Resíduos urbanos recolhidos por habitante (kg/hab.), por tipo de recolha, em Portugal, entre 2003 e 2013.....	10
Gráfico 3. Resíduos urbanos recolhidos (tonelagem), por tipo de recolha, em Loures e Odivelas, entre 2003 e 2013	11
Gráfico 4. Resíduos urbanos recolhidos por habitante (kg/hab.), por tipo de recolha, em Loures e Odivelas, entre 2003 e 2013	12
 Tabela 1. Base de dados geográficos utilizada na construção de aplicações de Sistemas de Informação Geográfica Web para gestão do sistema de resíduos urbanos, no Gabinete de Estudos, Planeamento e Controlo.....	 35